

Universidade Federal do Espírito Santo
Pós-graduação em Ensino na Educação básica

Marcela Miranda de Lima

**Construindo o pensamento filogenético na educação básica:
materiais didáticos e formação para professores**

São Mateus

2019

Marcela Miranda de Lima

**Construindo o pensamento filogenético na educação básica:
materiais didáticos e formação para professores**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica (PPGEEB) do Centro Universitário Norte do Espírito Santo da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino na Educação Básica

Orientador: Profa. Dra. Karina Carvalho Mancini

Co-orientador: Prof. Dr. Frederico Falcão Salles

São Mateus

2019

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

L7321 Lima, Marcela Miranda de, 1983-
LimConstruindo o pensamento filogenético na educação
básica: materiais didáticos e formação para professores /
Marcela Miranda de Lima. - 2019.
173 f. : il.

Orientadora: Karina Carvalho Mancini.
Coorientador: Frederico Falcão Salles.
Dissertação (Mestrado em Ensino na Educação Básica) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário
Norte do Espírito Santo.

1. Biologia. 2. Filogenia. 3. Ensino. 4. Aprendizagem. I.
Mancini, Karina Carvalho. II. Salles, Frederico Falcão. III.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário
Norte do Espírito Santo. IV. Título.

CDU: 37

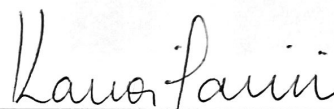
MARCELA MIRANDA DE LIMA

**CONSTRUINDO O PENSAMENTO FILOGENÉTICO NA EDUCAÇÃO
BÁSICA: MATERIAIS
DIDÁTICOS E FORMAÇÃO PARA PROFESSORES**

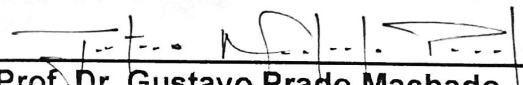
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino na Educação Básica.

Aprovada em 25 de março de 2019.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof(a). Dr(a). Karina Carvalho Mancini
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora



Prof. Dr. Gustavo Prado Machado
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Anderson Geyson Alves de
Araújo
Universidade Federal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora Karina Carvalho Mancini pela orientação, amizade e apoio durante a realização deste trabalho.

Ao meu esposo e co-orientador, Frederico Falcão Salles, pelo incentivo, pela compreensão e apoio em todos os momentos. Agradeço ainda pela orientação, pelas indicações de leitura e esclarecimentos de dúvidas ao longo do trabalho.

Aos meus pais, que sempre me incentivaram a perseguir os meus sonhos, por todo o apoio nesta caminhada.

Aos professores Gustavo Machado Prado, Anderson Geyson Alves de Araújo e Renato Silveira Bérnils pela participação na banca de defesa e pelas contribuições ao trabalho.

Aos professores Rita de Cássia Cristofoleti e Marcos da Cunha Teixeira pelas contribuições na qualificação.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica (PPGEEB), pelo conhecimento compartilhado.

Aos colegas do PPGEEB pelas discussões.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de mestrado.

RESUMO

Essa pesquisa teve como objetivo contribuir para a inserção da prática pedagógica sobre a sistemática filogenética na formação inicial de licenciandos em Ciências Biológicas. Para tanto, foram utilizadas perspectivas teóricas de Vigotski e Shullman. A pesquisa foi desenvolvida dentro da proposta metodológica da pesquisa-ação e dividida em duas etapas: (1) Desenvolvimento e avaliação de materiais didáticos para o ensino da sistemática filogenética; (2) Desenvolvimento e avaliação do impacto de uma ação pontual (Oficina) voltada para a formação do conhecimento pedagógico de conteúdo (CPC) de sistemática filogenética. A pesquisa teve como instrumentos de apreensão e produção de dados a aplicação de questionários e entrevista semiestruturada. Foi desenvolvido e avaliado o material "Árvore da vida", composto de: (1) "Construindo a árvore da vida", kit para montagem de cladogramas tridimensionais com possibilidade de rotação de eixos e (2) "Quiz árvore da vida", jogo de tabuleiro para revisão de conceitos em sistemática filogenética. Tanto o kit tridimensional quanto o jogo despertaram o interesse dos alunos do ensino médio, que se envolveram no assunto. Os materiais tiveram boa aceitação, tanto por parte da professora regente da turma e bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência, como por parte dos alunos. Por sua vez, a oficina desenvolvida melhorou a compreensão geral em filogenia dos licenciandos, o que pode ser percebido não só pelas avaliações nos questionários conceituais, mas por seus comentários e reações. Além disso, a oficina influenciou a predisposição destes futuros professores em abordar o tema, sendo que ao final da mesma quase todos os participantes disseram se sentir preparados, ou parcialmente preparados, para trabalhar o assunto com alunos de ensino médio. Assim, consideramos que o uso de materiais tridimensionais, a abordagem dos erros mais comuns dos estudantes, além da explicitação da importância do tema nas aulas e a apresentação dos cladogramas enquanto ferramentas são pontos importantes a serem considerados no ensino da sistemática filogenética para alunos licenciandos em Ciências Biológicas, que irão futuramente abordar o assunto na educação básica.

Palavras-chave: Sistemática filogenética. Conhecimento pedagógico de conteúdo. Material didático. Professores. Formação.

ABSTRACT

This research aimed to contribute to the insertion of phylogenetic systematics in the initial formation of Biological Sciences licensed. For this, Vygotsky and Shullman's theoretical perspectives were used. The research was developed within the methodological proposal of the action research and divided into two stages: (1) Development and evaluation of teaching materials for teaching phylogenetic systematics; (2) Development and evaluation of the impact of a specific action (Workshop) aimed at the formation of pedagogical content knowledge (PCK) for phylogenetic systematics. The research instruments were the application of questionnaires and semi-structured interview. The "Tree of Life" material was developed and evaluated, consisting of: (1) "Building the tree of life", kit for the assembly of three-dimensional cladograms with the possibility of rotating axes and (2) "Tree of Life Quiz" for reviewing concepts in phylogenetic systematics. Both the three-dimensional kit and the game aroused the interest of the students, who got involved in the subject. The materials were well accepted, both by the teacher regent of the class and scholarship recipients of the Institutional Program of Initiation to Teaching Scholarships, and by the students. In turn, the workshop developed improved students' general understanding of phylogeny, which can be seen not only by the students' evaluations in the conceptual questionnaires, but also by their comments and reactions. In addition, the workshop influenced the predisposition of these future teachers to approach the subject, and at the end of the workshop, almost all the participants said they feel prepared or partially prepared to work with high school students. Thus, we consider that the use of three-dimensional materials, the approach of teaching the most common errors of the students, besides the explanation of the importance of the subject in the classes and the presentation of the cladograms as tools are important points to be considered in the teaching of phylogenetic systematics for undergraduate students in Biological Sciences, which will in future address the subject in basic education.

Keywords: Phylogenetic systematics. Pedagogical knowledge of content. Courseware. Teachers. Formation.

Sumário

PARTE I

1.	Introdução	8
1.1.	Estrutura da dissertação.....	9
1.2.	Como este trabalho começou.....	9
2.	Referencial teórico	11
2.1.	Cladogramas e o pensamento filogenético.....	11
2.2.	O pensamento filogenético no ensino de biologia.....	14
2.3.	Pensando o ensino da sistemática filogenética à luz da teoria histórico cultural de Vigotski.....	18
2.3.1.	Mediação simbólica e as ferramentas psicológicas.....	18
2.3.2.	O papel da mediação humana.....	20
2.3.3.	Teoria da aquisição dos conhecimentos científicos.....	22
2.4.	Saberes e formação docente.....	25
3.	Objetivos	31
4.	Metodologia	32
4.1.	Pesquisa-ação.....	32
4.2.	Organização da pesquisa.....	33
4.2.1.	Perguntas da pesquisa.....	33

4.2.2.	Intervenções propostas.....	34
4.2.2.1.	Desenvolvimento de materiais didáticos.....	34
4.2.2.2.	Oficina de Formação Docente.....	35
5.	Referências	37

PARTE II

ARTIGO 1

Materiais didáticos para o ensino de sistemática filogenética	42
---	----

ARTIGO 2

"Trabalhando a árvore da vida na educação básica": possibilidades e limitações de uma ação pontual de formação para o ensino de sistemática filogenética na educação básica	99
---	----

PARTE III

5. Conclusão geral	171
---------------------------------	-----

PARTE I

1. Introdução

1.1. Estrutura da dissertação

A presente dissertação, acerca da construção do pensamento filogenético na educação básica, tem como foco a formação inicial e continuada de professores de Ciências e Biologia através do desenvolvimento de materiais pedagógicos e de uma oficina. A dissertação está dividida em três partes.

Nesta primeira, introdutória, apresento minha trajetória pessoal, que culminou neste trabalho, e a seguir trago um referencial teórico geral sobre o ensino de sistemática filogenética e as teorias que me ajudaram a desenvolver o trabalho e que formam a base para as discussões a respeito dos meus resultados. Dou sequência com a justificativa da pesquisa, seus objetivos e metodologia.

Na segunda parte, apresento o trabalho prático na forma de dois artigos: o primeiro trata do desenvolvimento de materiais didáticos para auxiliar o professor no trabalho com a sistemática filogenética, enquanto o segundo apresenta a experiência de realização de uma oficina para alunos da licenciatura em Ciências Biológicas da UFES São Mateus sobre o ensino de sistemática filogenética voltada para a educação básica.

Na terceira parte, para fechar o trabalho como um todo, trago uma conclusão geral.

1.2. Como este trabalho começou

As aulas de biologia que tive no ensino fundamental e médio, principalmente nas áreas de zoologia e botânica, sempre foram estruturadas baseadas na memorização de nomes de grupos com suas respectivas características. Ainda assim, os animais sempre me fascinaram e, sendo apaixonada desde pequena pela natureza, resolvi estudar biologia e, dentro do curso, me voltei para a área da zoologia.

Na graduação não houve muitas mudanças, estudei zoologia com uma abordagem de memorização, tendo que decorar as características e uma infinidade de nomes de grupos de organismos. Tenho ainda a clara lembrança de listas de nomes dos grupos para estudar para as provas. A sistemática filogenética apareceu pela primeira vez no segundo ano do curso de graduação. Tive dois professores que mostravam cladogramas em suas aulas, explicavam que eram representações sobre as relações de parentesco entre os grupos de seres vivos, mas não tive aulas explícitas de como interpretar aquelas imagens, ficando a ideia de que eram auto-explicativas, ou seja, que sua compreensão era algo óbvio. Eu achava os cladogramas maravilhosos por terem tanta informação de forma organizada e de fácil observação. Foi somente depois de terminar o mestrado em entomologia, que comecei a compreender melhor a importância e o significado real daqueles cladogramas. Foi quando apareceram nomes, muitos nomes, que eu não conseguia entender e que me fizeram achar tudo muito complexo. Na época eu acreditava que não precisava de sistemática filogenética para dar aulas de ciências e biologia, então não me preocupei com o assunto, deixando-o de lado.

Em 2016, após ter dado aulas de educação de jovens e adultos por dois anos, fui aprovada em um concurso para professora substituta de zoologia na UFES Campus São Mateus. Ao estudar para preparar as aulas, me deparei com muitos cladogramas e eu sabia que precisava compreendê-los mais para poder tirar o melhor deles.

Ao preparar as aulas e tirar dúvidas com o professor de zoologia mais próximo de mim (meu marido), comecei a perceber o quão pouco eu entendia de sistemática filogenética, e pior, que eu tinha formado conceitos muito errôneos sobre a interpretação de cladogramas. Eu achava que existiam organismos mais e menos evoluídos; que organismos mais à esquerda nas árvores filogenéticas em escada eram organismos ancestrais dos que vinham à sua direita; que eu poderia observar uma árvore e determinar quem era mais próximo de quem olhando a distância entre os grupos no desenho, dentre tantos outros conceitos errados. Percebendo a minha dificuldade, comecei a ler artigos que me levaram a perceber que o problema da compreensão e uso correto dos termos ao se explicar a sistemática filogenética não

era só meu, mas um problema bem maior, que chegava inclusive a pesquisadores que trabalham com o assunto.

A partir daí comecei a ler mais a respeito para me preparar melhor para as aulas de zoologia, na tentativa de trazer um ensino mais contextualizado evolutivamente. Qual não foi a minha surpresa ao me deparar com muitas pesquisas na área de ensino de ciências e biologia discutindo a importância da abordagem filogenética para um ensino mais contextualizado. Discussões que traziam justamente a grande dificuldade dos alunos em compreender a sistemática filogenética e interpretar os cladogramas, e em como ajudá-los a melhor compreender o assunto. Isso me interessou bastante, pois pude compreender melhor a importância da sistemática filogenética para a biologia e, ao mesmo tempo, as dificuldades no processo de ensino deste conteúdo. Entretanto, à medida em que lia e conseguia desenvolver melhor o assunto, percebia na pele a dificuldade em trabalhar o assunto com os alunos e em ajudá-los a compreender algo que eu mesma ainda estava aprendendo.

Nesta época, meu contrato como professora na UFES estava prestes a terminar e, levando em conta o meu interesse pelo assunto e também pela área da educação, tomei a decisão de me candidatar para um segundo mestrado acadêmico, desta vez na área da educação, mais especificamente na área de ensino. Meu projeto foi elaborado para trabalhar o ensino de sistemática filogenética na esperança de poder contribuir com a formação dos meus, agora ex-alunos, mas também para que mais professores se sintam confiantes em trazer a abordagem filogenética para a sala de aula contribuindo desta forma para o ensino de ciências e biologia.

2. Referencial teórico

2.1. Cladogramas e o pensamento filogenético

Lamarck (1744-1829) defendeu a ideia que os organismos surgiam da matéria inanimada através do processo da geração espontânea e que os organismos teriam um impulso interno em direção à melhoria, fazendo com que elas evoluíssem ascendentemente na "*Scala Naturae*", a escada da vida. Essa visão de mundo, que

implicava em diferentes origens para os seres vivos, também os classificava em mais ou menos evoluídos, sendo que os mais evoluídos seriam os surgidos há mais tempo e que tiveram assim mais tempo de evoluir. Embora já nesta época tenham começado as discussões sobre a possibilidade de ancestralidade compartilhada por diferentes seres vivos, esta ideia implicava que os seres humanos compartilharam ancestrais com outros animais como ratos e macacos, e a ideia de ancestralidade compartilhada foi por muito tempo rejeitada (BAUM; SMITH, 2013).

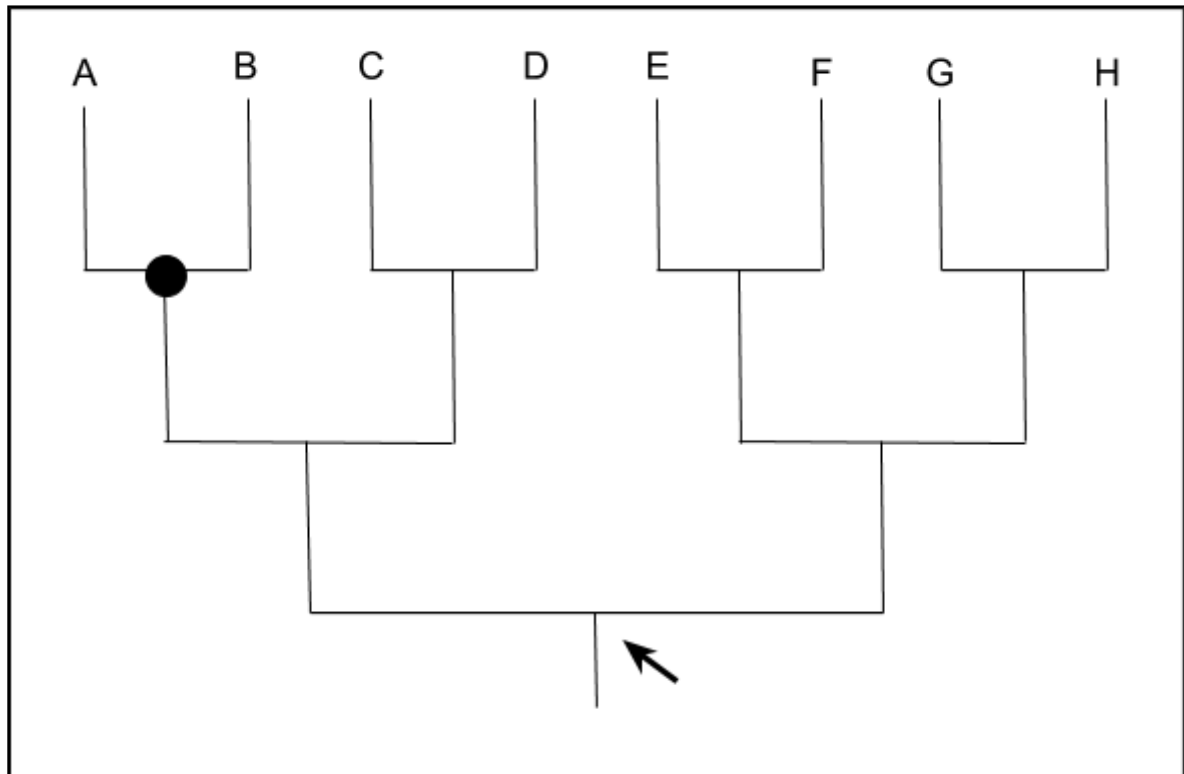
Em "A origem das espécies", publicado em 1859, Charles Darwin (1809 - 1882) apresenta a teoria da evolução. De forma simplificada, evolução é "descendência com modificação" (GREGORY, 2008). O conceito chave da teoria é que cada ser vivo compartilha ancestrais em maior ou menor grau com os demais seres vivos sendo que, para que organismos tão diferentes entre si compartilhem um mesmo ancestral, modificações devem ter ocorrido ao longo do tempo (BAUM; SMITH, 2013). Desta forma, considerando-se que a vida tenha surgido uma única vez em nosso planeta, todos os seres vivos atuais e extintos compartilham ancestrais mais ou menos antigos. Para quaisquer dois organismos que escolhermos, ao seguir sua história evolutiva em direção aos seus ancestrais, encontraremos um ancestral compartilhado, também denominado "ancestral comum".

O sistema classificatório de Lineu (1707-1778), precede a publicação de "*Origem das espécies*" em quase cem anos e, portanto, reflete o pensamento anterior à teoria da evolução. Por sua vez, a biologia moderna está fortemente apoiada no conceito da evolução das espécies e, desta forma, a organização dos seres vivos de acordo com este sistema prevê o agrupamento dos organismos em função da sua história evolutiva. Nesta perspectiva, um dado grupo de organismos só é considerado natural se reflete esta história. A denominação "clado" é dada ao grupo que envolve um ancestral e todos os seus descendentes, sendo que um clado pode compreender uma única espécie, ou um conjunto de espécies.

"Cladograma", "árvore da vida" ou "árvore filogenética" são diferentes nomes que podem ser usados para designar as estruturas gráficas ramificadas que representam a história evolutiva dos organismos (FIGURA 1). Os cladogramas são uma ótima

forma de representar a ancestralidade compartilhada entre os organismos (BAUM; SMITH, 2013).

Figura 1 - Cladograma. Cada letra representa um clado ou táxon; o círculo representa o ancestral comum a A e B; a seta indica o ancestral comum a todos os taxa presentes na imagem (A - H).



Fonte: Arquivo pessoal

As árvores filogenéticas nos permitem determinar o grau de relacionamento entre organismos sendo que organismos que compartilham um ancestral comum mais recente são mais proximamente relacionados entre si com relação a organismos com os quais compartilham ancestrais menos recentes (BAUM; SMITH, 2013).

A história da vida na terra é única. Entretanto, em função dos dados analisados pelos pesquisadores, da quantidade de organismos e de caracteres avaliados ou do tipo de caracteres por exemplo, diferentes árvores podem ser encontradas. Assim, um aspecto importante dos cladogramas é que eles representam sempre uma hipótese sobre a história evolutiva dos grupos ali representados em função das evidências disponíveis no momento.

Os cientistas que buscam reconstruir a história dos organismos na terra e suas relações de parentesco trabalham com a elaboração de hipóteses e com a construção de filogenias. Uma vez elaboradas, estas filogenias, representando as hipóteses de relacionamento entre os seres vivos, precisam ser corretamente interpretadas. Esta interpretação, por sua vez, precisa ser ensinada pois depende de convenções elaboradas para a construção destas imagens. Assim, é importante ressaltar que esta habilidade não é inata e necessita ser adquirida por meio do aprendizado (O'HARA, 1997; SANDVIK, 2008).

"Pensamento filogenético" é o termo usado no Brasil para designar a habilidade de interpretar corretamente as relações entre organismos apresentadas nos cladogramas, e vem do termo "Tree-thinking" cunhado em inglês com a mesma finalidade (O'HARA, 1997; BAUM; SMITH; DONOVAN, 2005; BAUM; OFFNER, 2008). A competência em pensamento filogenético envolve dois componentes: competência na compreensão da representação de cladogramas e competência na habilidade de comunicar seu entendimento adequadamente (BOYCE, 2015). Dificuldades relacionadas a estas competências existem, e podem ser percebidas não só em estudantes em todos os níveis, como também em profissionais especializados na área da biologia evolutiva (BAUM; SMITH; DONOVAN, 2005; OMLAND; COOK; CRISP, 2008; RIGATO; MINELLI, 2013). Neste contexto, Phillips e colaboradores (2012) sugerem uma instrução baseada no conhecimento das dificuldades dos estudantes como forma de melhorar o ensino na área.

2.2. O pensamento filogenético no ensino de biologia

O ensino tradicional de zoologia e botânica está reduzido à memorização de características e nomes de grupos, sem que se tenha uma unidade clara do ponto de vista biológico (AMORIM, 2008; FERREIRA et al., 2008). Ao mesmo tempo, o conteúdo de evolução é apresentado descontextualizado e acaba ficando restrito a uma contraposição entre os pensamentos (muito simplificados) de Darwin e Lamarck (SANTOS; CALOR, 2007a). O ensino de biologia, desta forma, leva os estudantes a entender cada grupo como uma entidade isolada enquanto perdem a perspectiva

mais ampla de que todos os grupos estão unidos através da evolução (STAUB; PAUW; PAUW, 2006).

Alternativamente, a organização dos seres vivos em cladogramas, ou árvores filogenéticas, ilustra visualmente a ideia central de Charles Darwin, de que as espécies estão relacionadas e que a diversidade é resultado de descendentes que sofreram modificações de ancestrais comuns (BLACQUIERE; HOESE, 2016). Assim, por meio do uso da sistemática filogenética, é possível unir o ensino de zoologia e botânica, bem como diversos outros assuntos em biologia, ao ensino da evolução dos seres vivos, favorecendo desta forma a compreensão da biologia como um todo unido pela evolução biológica.

Embora não seja possível compreender a sistemática filogenética sem compreender um cladograma, é possível compreender um cladograma sem compreender os aspectos mais técnicos da sistemática filogenética (BAUM; SMITH; DONOVAN, 2005). Conforme destacam Santos e Calor (2007a, p. 3) "ensinar biologia através de uma abordagem filogenética não significa, no entanto, utilizar o método e seus algoritmos na sala de aula." A ideia é utilizar os cladogramas enquanto representação gráfica que, devidamente interpretada traz para o aluno uma visão de unidade na Biologia, da evolução dos organismos e suas relações de parentesco.

Adotar a sistemática filogenética como forma de abordar a biodiversidade não mostra os grupos isoladamente, vistos em uma sequência linear, uma transformação de grupos mais simples em outros mais complexos, mas sim como uma grande árvore ramificada (SANTOS; CALOR, 2007b). Somado a isto, considerando-se que os cladogramas representam hipóteses sobre a evolução dos grupos, podem ser usados também para trabalhar o conceito de hipóteses científicas, aproximando os estudantes da natureza das ciências biológicas (SANTOS; CALOR, 2007a).

Entretanto, segundo Dees e colaboradores (2014), enquanto elementos visuais, as árvores filogenéticas são um tipo de diagrama esquemático que ilustra conceitos abstratos, e não a aparência de objetos (diagramas icônicos) ou relações quantitativas (tabelas e gráficos). Devido à sua natureza abstrata, este tipo de diagrama esquemático é usado para descrever processos que são difíceis de serem

observados, como a evolução, e sua interpretação é governada por convenções aprendidas. Assim, para que possam compreender as árvores filogenéticas, os indivíduos precisam compreender primeiramente as convenções envolvidas nestas representações (NOVICK; CATLEY, 2013; DEES et al., 2014; BOYCE, 2015). É importante ressaltar que a interpretação de um cladograma sem o devido entendimento destas convenções e de suas propriedades pode levar a conclusões errôneas acerca de relações de parentesco entre organismos e acerca do processo evolutivo.

Focando na educação básica no Brasil, há trabalhos que relatam a apresentação da sistemática filogenética no ensino fundamental (COSWOSK, 2014) e no ensino médio (FERREIRA et al., 2008; COSTA, 2012; LOPES; VASCONCELOS, 2012; LOPES; VASCONCELOS, 2014). Estes apresentam, além da importância do assunto no ensino da biologia, as dificuldades recorrentes encontradas por alunos e também professores com o tema, sendo que as consequências da não compreensão entre os professores têm efeitos negativos no ensino de biologia, conforme apontam Lopes e Vasconcelos (2012, p. 161):

Se o educador não apresenta esses conhecimentos agregados a sua estrutura cognitiva, tampouco será capaz de promover aprendizagem significativa em seus alunos. O professor que desconhece a sistemática filogenética e não sabe interpretar as informações contidas em um cladograma pode encontrar dois obstáculos: (a) não compreender o que é Filogenia e, portanto, não trabalhar o assunto com o aluno, omitindo-o; ou (b) interpretar erroneamente uma Filogenia e, conseqüentemente, trabalhar o assunto de forma equivocada com o aluno, podendo recair em erros conceituais.

De fato, Lopes e Vasconcelos (2014), em pesquisa com professores e alunos da rede estadual de Recife/PE, trazem que 75% dos professores não contemplam o conteúdo sistemática filogenética nas aulas de biologia. Ainda, metade desses professores afirmou não abordar o assunto pois "é muito complexo para os alunos" enquanto outra metade afirmou que "os professores não dominam o assunto". Nesta pesquisa, todos os professores colocaram como sugestão para a inclusão do conteúdo nas aulas de biologia "investimentos na formação dos professores". Por fim, os professores foram unânimes ao afirmar que "teriam interesse em conhecer

não somente conceitos como também estratégias e metodologias de ensino a respeito dessa abordagem". Com base nos dados levantados, os autores questionam se as limitações teóricas dos professores não os estaria impedindo de perceber o efeito positivo do trabalho com o tema no ensino de biologia como um todo, sendo este um dos fatores a contribuir para a fraca inserção do conteúdo nas aulas de biologia. Lopes e Vasconcelos (2014) mostram, claramente, sérios problemas no ensino de sistemática filogenética, principalmente a dificuldade dos professores com o conteúdo. Coswosk (2014) também aponta para a demanda de professores da educação básica de atualização conceitual e pedagógica nas áreas da evolução biológica e sistemática filogenética.

Um outro aspecto do problema está relacionado aos livros didáticos. Estes trazem hoje conteúdos de sistemática filogenética, tanto para ensino fundamental, em livros do sétimo ano (COSWOSK, 2014; FERREIRA et al., 2008), quanto para o ensino médio, nos livros do segundo ano (FERREIRA et al., 2008; RODRIGUES; JUSTINA; MEGLHIORATTI, 2011; LOPES; VASCONCELOS, 2012; COUTINHO; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2014). Embora haja livros com conteúdos e apresentação adequadas do tema (COUTINHO; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2014), há problemas importantes em diversos destes materiais didáticos (RODRIGUES; JUSTINA; MEGLHIORATTI, 2011; LOPES; VASCONCELOS, 2012; COSWOSK, 2014). Alguns trazem as imagens sem as devidas explicações, levando a interpretações equivocadas enquanto outros, pela forma como as imagens são elaboradas, podem levar a uma visão distorcida da evolução. Um exemplo é o posicionamento do homem na extrema direita do cladograma, corroborando a visão que muitos alunos já têm, de que o homem é o ser "mais evoluído". Em alguns livros, o tema é abordado apenas com exemplos de zoologia, passando aos alunos a percepção equivocada de que "apenas os animais evoluem". Existe ainda a falta de materiais de apoio ao professor e de exercícios de fixação do conteúdo apontada por alguns autores (LOPES; VASCONCELOS, 2012; COSWOSK, 2014).

Boyce (2015) aponta que representações usadas inapropriadamente ou mal explicadas podem atrapalhar ao invés de favorecer o aprendizado do aluno. Assim, filogenias apresentadas isoladamente nos livros textos, sem o devido apoio do

professor, podem não só não ajudar em nada, como favorecer concepções errôneas. Considerando o importante papel que o livro didático apresenta na organização curricular, somado ao fato que muitos professores não tiveram uma formação adequada em sistemática filogenética, corre-se o risco de cair nos problemas citados acima (LOPES; VASCONCELOS, 2012), como omissão do conteúdo pelo professor ou apresentação de forma incorreta.

2.3. Pensando o ensino do pensamento filogenético à luz da teoria histórico cultural de Vigotski

O presente trabalho traz o aporte teórico da abordagem histórico-cultural proposta por Vigotski, uma vez que esta pode ajudar a compreender as dificuldades encontradas no ensino de sistemática filogenética e traz elementos para reduzir as limitações de ensino nesta área.

2.3.1. Mediação simbólica e as ferramentas psicológicas

Um ponto importante da teoria de Vigotski para se pensar o ensino de sistemática filogenética é o papel da mediação no processo de desenvolvimento humano. Para Vigotski (1993, p. 48),

Todas as funções psíquicas superiores são processos mediados, e os signos constituem o meio básico para dominá-las e dirigi-las. O signo mediador é incorporado à sua estrutura como uma parte indispensável, na verdade a parte central do processo como um todo. Na formação de conceitos esse signo é a palavra, que em princípio tem o papel de meio na formação de um conceito e, posteriormente torna-se o seu símbolo.

Vigotski (1993) enfatiza os mediadores simbólicos (signos, linguagem, símbolos) como importantes na construção dos denominados “processos mentais superiores”. Para ele, a aprendizagem, e o conseqüente desenvolvimento cognitivo, dependerão essencialmente do domínio dos mediadores simbólicos, sua apropriação e subsequente internalização. Usa-se o termo “ferramentas psicológicas” para

sistemas simbólicos (linguagem, signos e símbolos) próprios de cada cultura adquiridos pelas crianças por meio da comunicação com adultos e colegas mais experientes que, uma vez internalizados pelos indivíduos, tornam-se ferramentas cognitivas individuais e funcionam como mediadores para a aquisição dos processos mentais superiores (KARPOV, 2003; KOZULIN, 2003).

Um aspecto importante da mediação simbólica, entretanto, é que os símbolos podem permanecer inúteis a não ser que seu sentido enquanto ferramenta psicológica seja adequadamente mediado (KOZULIN, 2003). A simples presença do símbolo não implica no seu uso como uma ferramenta psicológica pelos estudantes. sendo que, para a apropriação das ferramentas simbólicas se fazem necessários (1) um processo de aprendizagem deliberado ao invés de um processo espontâneo; (2) um processo de aquisição destas ferramentas de forma sistematizada e (3) enfatizar a aplicabilidade destas ferramentas em distintas situações. É importante ressaltar que a mediação do significado é essencial na aquisição das ferramentas simbólicas, uma vez que seu significado só existe dentro das convenções culturais que a originaram (KOZULIN, 2003).

Um exemplo de mediador simbólico trazido por Kozulin (2003) são os mapas. Um mapa é uma ferramenta simbólica que auxilia os estudantes a encontrarem uma entidade geográfica, a capital de um dado país, mesmo que o país ou a capital sejam desconhecidos dos mesmos. O'Hara (1997), em sua discussão sobre pensamento filogenético comparou o ensino da interpretação de árvores filogenéticas para estudantes iniciantes de Biologia com o ensino da interpretação de mapas a estudantes iniciantes de geografia. De fato, um cladograma permite ao seu leitor a determinação de características presentes em um organismo que ele nunca viu ou a determinação de relações entre seres vivos que ele nunca ouviu falar. Assim, considerando-se os cladogramas como símbolos gráficos que são, a importância da mediação se faz clara para que o aluno consiga compreender, além do seu significado simbólico, a sua aplicabilidade enquanto ferramenta. Kozulin (2003) destaca a necessidade de intencionalidade por parte do professor no

processo de mediação de uma ferramenta simbólica, ou corre-se o risco de os alunos enxergarem aquele como outro conteúdo, e não como a ferramenta que é.

2.3.2. O papel da mediação humana

Embora Vigotski tenha focado nos signos enquanto mediadores, sua teoria, ao trazer que as funções psicológicas surgem primeiramente na interação entre pessoas para só então serem internalizadas, traz o fundamento da ideia de mediação humana (KOZULIN, 2003). Nesta perspectiva, a interação com pais, professores e colegas é responsável pela aprendizagem.

Ao analisarmos o ensino de sistemática filogenética levando esse importante ponto em consideração, temos duas possíveis situações problemáticas relacionadas à mediação por parte dos professores. Primeiro, o professor só consegue mediar um conhecimento que ele próprio domine - e as pesquisas têm trazido relatos de professores que não dominam o conteúdo de filogenia (COUTINHO, 2013; COSWOSK, 2014) - sendo que professores que têm dificuldades na interpretação e no uso desta ferramenta não têm, eles mesmos, condições e segurança para abordar o conteúdo adequadamente. Segundo, mesmo no caso do professor que domina o conteúdo, podemos ter a situação apontada por Kozulin (2003), na qual professores acreditam que o significado explicitado pelos materiais didáticos é suficiente aos alunos e que a situação não requer muita mediação por sua parte. Silva e colaboradores (2006) ressaltam a importância do professor enquanto mediador na leitura de imagens de modo geral. Os autores discutem a importância das imagens na compreensão dos conceitos e chamam a atenção para o fato de as imagens serem pouco trabalhadas em sala de aula, como se elas falassem por si ou se tivessem uma única interpretação possível. De fato, em minha experiência como aluna e professora, percebo que alguns professores, que compreendem o assunto muito bem, consideram alguns aspectos da interpretação de um cladograma tão óbvios, que acabam por omitir detalhes importantes para a interpretação. Em ambas as situações de omissão no conteúdo pelo professor, por desconhecimento ou por achar óbvio demais, o resultado final é uma deficiência no processo da mediação

que implica na dificuldade de aprendizagem e de apropriação do cladograma enquanto ferramenta simbólica.

Podemos dizer que sem a apresentação sistematizada do cladograma enquanto ferramenta e sem a ênfase na aplicação desta ferramenta, os estudantes vêem ali apenas uma imagem e a interpretam de forma empírica, de acordo com seus conhecimentos prévios, podendo levar a uma interpretação completamente equivocada do símbolo. Considerando-se que os cladogramas representam, de forma sistematizada, o conceito de evolução biológica e que são ferramentas para a sua compreensão, essa interpretação empírica, e possivelmente equivocada, traz prejuízos para toda a compreensão do processo da própria evolução. Assim, a presença da imagem de um cladograma no livro didático sem explicações adequadas e sem a devida mediação de significado realizada pelo professor passa a ter um efeito negativo no ensino por trazer o empirismo à tona no estudo da evolução, que é por si só um tema de difícil compreensão pelos estudantes.

Com relação à mediação realizada por meio do livro didático, no que diz respeito ao conteúdo de sistemática filogenética e sua ligação com os demais temas dentro da biologia, encontramos na literatura dados que também revelam problemas. Ao analisar livros didáticos destinados ao ensino fundamental, Coswosk (2014, p. 37) traz que:

[...] a interpretação dos cladogramas e a associação das representações esquemáticas com os demais temas foram prejudicadas, uma vez que no capítulo referente à evolução biológica e classificação dos seres vivos os cladogramas nem sempre estão presentes e, quando estão, não são acompanhados de uma explicação.

Na análise de materiais didáticos voltados para o ensino médio, Lopes e Vasconcelos (2012) apontam erros conceituais em mais de metade das coleções analisadas, como equivalência entre “evolução” e “progresso” e a “concepção de evolução como sequência linear de modificações em processo direcional”. Considerando a presença de erros conceituais importantes e a falta de explicações para as imagens de cladogramas em alguns materiais, reforçamos o papel da

mediação humana por parte do professor no sentido de corrigir os erros conceituais que possam estar presentes nos materiais.

2.3.3. Teoria da aquisição dos conhecimentos científicos

Para Vigotski (2009), a maior razão para o efeito do ensino organizado que ocorre no ambiente escolar sobre o desenvolvimento dos educandos estaria relacionado à aquisição de “conceitos científicos”, em contraponto aos “conceitos espontâneos” trazidos pelos alunos.

Os chamados “conceitos espontâneos” são resultados de generalização das experiências pessoais diárias, na ausência de instrução sistematizada. Estes conceitos são geralmente necessários como base para a aquisição dos chamados conceitos científicos. Os “conceitos científicos”, por sua vez, representam a generalização das experiências humanas, sendo adquiridos pelos estudantes através de instrução sistematizada de forma consciente (KARPOV, 2003).

A importância da aquisição dos conceitos científicos na teoria de Vigotski, segundo Karpov (2003), está no fato de que eles reestruturam e elevam os conceitos espontâneos a um patamar cognitivo mais elevado, além de terem um papel decisivo no desenvolvimento mental dos estudantes por servirem de mediadores para o pensamento e para a resolução de problemas. Assim, segundo Karpov (2003), embora diversos autores tenham aceito o importante papel dos conceitos científicos como mediadores do pensamento dos estudantes na resolução de problemas, como originalmente proposto por Vigotski, para eles os conceitos científicos apresentam esse papel apenas se acompanhados de um domínio dos procedimentos específicos da área pelos estudantes. Tais procedimentos são as estratégias e habilidades específicas daquela área de estudo. Karpov (2003) cita diversos estudos que mostraram que apenas a aquisição de conceitos científicos sem os procedimentos, ou a aquisição dos procedimentos sem os conceitos, não resulta em desenvolvimento cognitivo de fato e tampouco os estudantes conseguem aplicar o conceito sem terem aprendido os procedimentos.

Nesta linha de pensamento, Libâneo (2004) defende que uma didática que sirva à formação de sujeitos pensantes e críticos,

[...] deverá salientar em suas investigações as estratégias pelas quais os alunos aprendem a internalizar conceitos, competências e habilidades do pensar, modos de ação que se constituam em “instrumentalidades” para lidar praticamente com a realidade: resolver problemas, enfrentar dilemas, tomar decisões, formular estratégias de ação (LIBÂNEO, 2004, p. 6).

Segundo Karpov e Bransford (1995), os estudantes tendem a desenvolver a aprendizagem empírica (tipo de aprendizagem que resulta no desenvolvimento dos conceitos espontâneos) quando não recebem os conceitos científicos de uma dada área ou quando estes conceitos científicos são puramente verbais, sem o acompanhamento do desenvolvimento dos procedimentos relacionados ao conceito. Os autores defendem um ensino teórico, baseado na apresentação direta aos alunos das ferramentas psicológicas (no caso, os métodos para a resolução dos problemas específicos da área) que, sendo usadas na resolução de problemas concretos, vão sendo internalizadas pelos estudantes.

A interpretação de cladogramas envolve diversos procedimentos como a determinação de graus de parentesco entre grupos, a determinação de características específicas de cada grupo, o reconhecimento de clados e a realização de inferências. Assim, a apresentação de um cladograma como um diagrama que representa as relações de parentesco entre os seres vivos sem se trabalhar os procedimentos leva a uma aprendizagem empírica acerca do assunto. Nessas situações, os alunos desenvolvem suas próprias formas de interpretar o cladograma, normalmente baseadas em conhecimentos prévios acerca dos grupos.

Além disso, a própria interpretação de cladogramas pode ser vista como um dos procedimentos envolvidos na aquisição do conceito da evolução, central no estudo da biologia. Se por um lado, a interpretação de um cladograma sem o conceito da evolução tem pouca utilidade, por outro lado o conceito da evolução sem o procedimento da interpretação dos cladogramas é pouco aplicável pelos estudantes na resolução de problemas. Desta forma, considero a perspectiva teórica de

Vigotski, e a de seus seguidores, muito pertinente para se pensar o ensino de um conceito central e complexo como a evolução e nos permite vislumbrar a importância do ensino do pensamento filogenético como um procedimento para a resolução de problemas dentro do campo conceitual da evolução.

Alguns trabalhos trazem, de fato, a interpretação de cladogramas utilizada como ferramenta para a compreensão do conceito da Evolução. Para Coutinho (2013), por exemplo, a sistemática filogenética seria uma forma de realizar a transposição didática no ensino de biologia com um enfoque evolutivo. No mesmo sentido, Coswosk (2014) avaliou a eficiência da sistemática filogenética como ferramenta para o ensino de evolução biológica. Assim, embora tais trabalhos não tenham seu embasamento na teoria Vigotskiana da construção dos conhecimentos científicos, a ideia de se trabalhar o pensamento filogenético como um facilitador para o ensino de evolução existe e vem sendo trabalhada. Entretanto, para que essa ferramenta possa ser adequadamente utilizada pelos professores, é necessário antes que estes tenham uma base conceitual sólida na área.

O processo de formação de professores é contínuo e, segundo Shabani (2016), se baseia nas mesmas premissas propostas por Vigotski para o processo de aprendizagem e desenvolvimento infantil: na mediação. Nesta perspectiva seriam importantes objetivos da formação inicial e continuada (1) fortalecer a base conceitual de pensamento filogenético, preparando para uma mediação adequada para uma correta interpretação de um cladograma em qualquer nível de ensino e (2) mostrar a importância da interpretação de cladogramas enquanto ferramenta para facilitar a compreensão do conceito de evolução. Dada a importância dos mediadores, é fundamental ainda que (1) os professores sejam capazes de distinguir conceitos corretos e errôneos presentes nos livros texto e na mídia em geral e (2) faz-se necessário que os materiais sejam revistos com vistas à acurácia das informações trazidas.

2.4. Saberes e formação docente

Embora haja na cultura popular a ideia de que para ensinar basta "saber" a matéria que se ensina, no meio acadêmico muito tem-se discutido a diversidade dos saberes docentes necessários à atuação como professor (GARCIA, 2010; FERNANDEZ, 2015). Almeida e BIAJORNE (2007) apontam que, embora os autores Gauthier, Tardif e Shulman se dediquem a investigar a mobilização dos diferentes saberes nas ações dos professores, tais autores apresentam diferentes tipologias para a classificação destes saberes. Tardif descreve o saber docente como: "(...) um saber plural, formado pelo amálgama, mais ou menos coerente, de saberes oriundos da formação profissional e de saberes disciplinares, curriculares e experienciais." (TARDIF, 2014, p. 36), sendo os saberes disciplinares aqueles saberes sociais definidos, selecionados e transmitidos nos cursos universitários, ou seja, os conteúdos. Para Gauthier, o ensino é concebido como "(...) a mobilização de vários saberes que formam uma espécie de reservatório que é utilizado para responder às exigências das situações concretas de ensino." (GAUTHIER, 1998, APUD ALMEIDA; BIAJORNE, 2007, p. 285). Sua proposta de tipologia contempla os saberes disciplinares, curriculares, ciências da educação, tradição pedagógica, experiência e ação pedagógica. Já a tipologia proposta por Shulman (1986) considera os conhecimentos de conteúdo, pedagógico e curricular.

Embora as palavras 'conhecimento' e 'saber' sejam usadas muitas vezes como sinônimo, em termos teóricos, conhecimento é distinto de saber. Para Fernandez (2015, p. 504) "[...] o conhecimento é a especialização do saber, ou seja, o conhecimento passa pela reflexão do saber fazer, elevando a prática a um nível de consciência, reflexão, análise, sistematização e intenção". É importante considerar que, apesar de os saberes disciplinares não serem o único tipo de saber necessário ao seu trabalho, os professores precisam ter um conhecimento adequado do assunto que lecionam, eles precisam compreender, além dos fatos e conceitos centrais da disciplina, como essas ideias se conectam e processos envolvidos na geração de novos conhecimentos na área (BORKO, 2004). Nesta perspectiva, este trabalho segue a linha teórica que discute os conhecimentos docentes, sendo Shulman o autor escolhido para discutir a questão da importância do conhecimento

de conteúdo (tal qual compreendido por este autor) na formação inicial dos professores.

Shulman (1986), trabalhou com a ideia de conhecimentos necessários ao exercício da docência. Preocupado, à época, com o excesso de atenção dada à face pedagógica do ensino em detrimento do conhecimento do conteúdo, propôs uma visão mais equilibrada da formação de professores, onde não houvesse atenção demasiada à questão pedagógica básica, nem ao conhecimento do conteúdo. Em sua proposta teórica, deu especial atenção ao conhecimento do conteúdo, o qual colocou como pouco valorizado em sua época. O autor dividiu o conhecimento do conteúdo em três categorias: conhecimento do conteúdo da matéria ensinada, conhecimento curricular e conhecimento pedagógico da matéria. O conhecimento de conteúdo da matéria ensinada "(...) refere-se às compreensões do professor acerca da estrutura da disciplina, de como ele organiza cognitivamente o conhecimento da matéria que será objeto de ensino" (ALMEIDA; BIAJORNE, 2007, p. 287). Entretanto, o autor destacou a importância, para além do conhecimento de fatos e conceitos da disciplina, da compreensão das estruturas da disciplina, que envolvem a compreensão dos processos de produção do conhecimento na área, sua representação e validação. Dentro desta perspectiva, Shulman (1986) espera, por exemplo, que o professor compreenda porque um determinado conteúdo é particularmente central para uma disciplina, enquanto outro pode ser relativamente periférico.

O conhecimento curricular pressupõe o conhecimento do currículo, representado pelos programas elaborados para o ensino de assuntos e tópicos para um determinado nível de ensino e a variedade de materiais instrucionais disponíveis relacionados a esses programas. O conhecimento curricular prevê a capacidade de reconhecer as indicações ou contra-indicações de uso de determinados programas curriculares ou materiais em determinadas circunstâncias (SHULMAN, 1986). Outros aspectos dentro do conhecimento curricular apontados por Shulman são o que ele chama de conhecimento lateral do currículo (aquilo que seus alunos estão estudando no momento em outras disciplinas) e o conhecimento vertical do currículo

(aquilo que seus alunos já estudaram ou que ainda estudarão nos anos subsequentes).

Na categorização de Shulman (1986), tem lugar de destaque o conhecimento pedagógico do conteúdo (CPC) ou PCK (do inglês *Pedagogical Content Knowledge*), pois segundo o autor, este é um conhecimento específico do professor, que vai além do conhecimento do conteúdo em si, sendo um conhecimento do conteúdo para o ensino. Segundo o autor, este conhecimento inclui, para cada tópico de determinada área de ensino "(...) as formas mais úteis de representação dessas ideias, as analogias mais poderosas, ilustrações, exemplos e demonstrações – em uma palavra, as formas de representar e formular o conteúdo que o torna compreensível aos outros." (SHULMAN, 1986, p. 9). O PCK também inclui a compreensão do que torna a aprendizagem de determinados tópicos mais ou menos fácil, assim como as concepções prévias que estudantes trazem consigo na aprendizagem dos tópicos e lições mais frequentemente ensinados. O autor enfatiza ainda a importância da inclusão de conhecimentos acadêmicos, advindos de pesquisas sobre as concepções errôneas de estudantes e sobre o que é necessário para superar e transformar essas concepções iniciais, na definição de PCK. Com relação à construção do PCK, o autor coloca que: "Uma vez que não há simples formas poderosas de representação, o professor precisa ter em mãos um verdadeiro arsenal de formas alternativas de representação, algumas das quais derivam da pesquisa enquanto outras têm sua origem no saber da prática." (SHULMAN, 1986, p. 9). Assim o PCK não é construído apenas no momento de formação docente, mas é um conhecimento também construído na experiência.

Pesquisas mais recentes, baseadas na proposta teórica de Shulman, têm mostrado a importância da construção do PCK nos programas de formação de professores (FERNANDEZ, 2011; FERNANDEZ, 2015; KIND 2009). A base de conhecimentos do PCK tem sido investigada para diferentes matérias e, conforme coloca Fernandez (2015), este tópico tem sido mais valorizado pelos pesquisadores das didáticas específicas em contraposição às didáticas gerais.

Para Libâneo (2012), o problema da dissociação entre o conhecimento pedagógico e o conhecimento disciplinar na formação de professores é persistente. Para ele "nas licenciaturas, em que se forma o professor especialista em um conteúdo, é acentuada a ênfase nos conteúdos, deslocando-se a formação pedagógica para o final do curso (...)" e, referindo-se à formação de pedagogos, aponta que "verifica-se a dissociação entre aspectos inseparáveis na formação de professores, isto é, entre o conhecimento do conteúdo (conteúdo) e o conhecimento pedagógico do conteúdo (forma)." (LIBÂNEO, 2012, p. 2). Esta constatação nos remete a Shulman (1986), com a questão da importância da pedagogia específica dos conteúdos na formação dos professores. Podemos dizer, assim, que o problema não é recente, e que permanece.

Na área de ensino relacionada à sistemática filogenética que trata do desenvolvimento do pensamento filogenético, pesquisas têm sido feitas a respeito do conhecimento pedagógico do conteúdo. Embora não usem a denominação de PCK, tais trabalhos estão nitidamente relacionados a esta base de conhecimento. Ziadie e Andrew (2018) fizeram uma extensa revisão de literatura sobre artigos que abordam diferentes aspectos do PCK para o ensino de evolução, e que contribuem desta forma para a construção do denominado PCK coletivo na área. Os autores encontraram um expressivo número de artigos que abordam aspectos do PCK para o ensino de "pensamento filogenético", tendo sido este um dos tópicos com maior número de artigos encontrados. Na falta de um consenso entre os pesquisadores da área sobre os componentes do PCK, os autores optaram pelos seguintes componentes, presentes em artigos amplamente citados: (1) conhecimento sobre o pensamento dos estudantes - dificuldades comuns que os estudantes têm sobre o tópico; (2) avaliação; (3) estratégias instrucionais e (4) objetivos. O quadro 1 traz os artigos usados no presente trabalho que aparecem na lista de Ziadie e Andrew (2018) como contribuições à construção do PCK coletivo para o ensino de evolução, agrupados de acordo com os componentes que abordam.

QUADRO 1: Artigos citados no presente trabalho que abordam componentes do PCK para o tópico de pensamento filogenético segundo Ziadie e Andrew (2018).

Componente 1 - Pensamento dos estudantes		
Autores	Ano	Título
Meir, E., Perry, J., Herron, J. C., & Kingsolver, J.	2007	College Students' Misconceptions about Evolutionary Trees.
Novick, L. R., & Catley, K. M.	2007	Understanding phylogenies in biology: the influence of a Gestalt Perceptual Principle.
Gregory, T. R.	2008	Understanding evolutionary trees.
Sandvik H.	2008	Tree thinking cannot be taken for granted: challenges for teaching phylogenetics.
Catley, K. M., Novick, L. R., & Shade, C. K.	2010	Interpreting evolutionary diagrams: when topology and process conflict.
Meisel, R. P.	2010	Teaching tree-thinking to undergraduate biology students.
Halverson, K. L.	2011	Improving tree-thinking one learnable skill at a time.
Novick, L. R., Stull, A. T., & Catley, K. M.	2012	Reading Phylogenetic Trees: The Effects of Tree Orientation and Text Processing on Comprehension.
Phillips, B. C., Novick, L. R., Catley, K. M., & Funk, D. J.	2012	Teaching tree thinking to college students: It's not as easy as you think.
Novick, L. R., & Catley, K. M.	2013	Reasoning about Evolution's Grand Patterns: College Students' Understanding of the Tree of Life.
Dees, J., Momsen, J. L., Niemi, J., & Montplaisir, L.	2014	Student interpretations of phylogenetic trees in an introductory biology course.
Componente 2 - Avaliação		

Baum, D.A., Smith, S., & Donovan, S.S.	2005	The tree-thinking challenge.
Meir, E., Perry, J., Herron, J. C., & Kingsolver, J.	2007	College Students' Misconceptions about Evolutionary Trees.
Blacquiere, L. D., & Hoese, W. J.	2016	A valid assessment of students' skill in determining relationships on evolutionary trees.
Componente 3 - Estratégias instrucionais		
Staub, N. L., Pauw, P. G., & Pauw, D.	2006	Seeing the forest through the trees: Helping students appreciate life's diversity by building the Tree of Life.
Smith, J. J., & Cheruvilil, K. S.	2009	Using inquiry and tree-thinking to "March through the animal phyla": teaching introductory comparative biology in an evolutionary context.
Halverson, K. L.	2010	Using pipe cleaners to bring the tree of life to life.
McLennan, D. A.	2010	How to read a phylogenetic tree.
Meisel, R. P.	2010	Teaching tree-thinking to undergraduate biology students.
Novick, L. R., Catley, K. M., & Funk, D. J.	2010	Characters are key: the effect of synapomorphies on cladogram comprehension.
Eddy, S. L., Crowe, A. J., Wenderoth, M. P., & Freeman, S.	2013	How should we teach tree-thinking? An experimental test of two hypotheses.
Componente 4 - Conhecimento do currículo ou objetivos		
Baum, D. A., & Offner, S.	2008	Phylogenics & Tree-Thinking.

Fonte: Ziadie e Andrew (2018)

Existem estudos sobre as dificuldades mais comuns dos alunos, um componente do PCK também denominado pensamento dos estudantes (DEES et al., 2014; GREGORY, 2008; MEIR et al., 2007); estudos que abordam explicações, exemplos e ilustrações para facilitar a compreensão de erros comuns na interpretação de cladogramas (GREGORY, 2008); estudos sobre de que forma a apresentação do conteúdo, no caso os cladogramas, afeta a sua interpretação pelos estudantes com propostas para facilitar a compreensão dos mesmos (CATLEY; NOVICK; SHADE, 2010; NOVICK; CATLEY; FUNK, 2010; NOVICK; SHADE; CATLEY, 2011; NOVICK; STULL; CATLEY, 2012); estudos sobre estratégias instrucionais (EDDY et al., 2013; HALVERSON, 2010; DONAVEN, 2013) dentre outros. Estas pesquisas e materiais, no entanto, apesar de extremamente importantes para a formação de professores que vão atuar na área ou mesmo para professores formadores de professores na área (professores das licenciaturas), não parecem chegar aonde seria necessário, ou seja, na formação inicial e continuada dos docentes.

Considerando o exposto, torna-se de grande importância pensar na formação e atualização dos futuros docentes no que se refere ao ensino de filogenia por toda a biologia, apresentando, compartilhando e discutindo os resultados das pesquisas nesta área. Nesse contexto, o presente trabalho pretende trazer para a formação inicial dos licenciandos em Ciências Biológicas informações geradas na pesquisa em ensino de filogenia e discutir o uso das mesmas no ensino.

3. Objetivos

Levando-se em consideração o cenário apresentado acima, o presente trabalho tem por objetivo geral contribuir para a inserção da prática pedagógica sobre a sistemática filogenética na formação inicial de licenciandos em Ciências Biológicas;

Além disso, pretende-se:

- Desenvolver e avaliar materiais didáticos para o ensino da sistemática filogenética;

- Avaliar o impacto de uma ação pontual voltada para a formação do conhecimento pedagógico de conteúdo de sistemática filogenética:
 - sobre a *base conceitual* de alunos de licenciatura e professores;
 - sobre a *predisposição* de alunos de licenciatura em trabalhar a sistemática filogenética no ensino de ciências e biologia.

4. Metodologia

4.1. Pesquisa-ação

Segundo Goodnough (2011), pesquisa-ação consiste em uma pesquisa intencional realizada pelo profissional envolvido em sua prática, não sendo imposta por terceiros. É uma pesquisa na qual os próprios envolvidos na situação vão desenvolver a ação visando melhorar sua própria prática, e seu entendimento desta prática, ao mesmo tempo em que buscam a resolução de um problema.

Tripp (2005) considera cinco modalidades de pesquisa-ação: (1) técnica, (2) prática, (3) política, (4) socialmente crítica e (5) emancipatória. Um aspecto que o autor levanta é que poucas vezes os projetos de pesquisa-ação utilizam apenas uma destas modalidades, sendo comum passarem de uma modalidade para outra dentro do mesmo projeto. De acordo com essa classificação, a presente pesquisa se enquadra como uma pesquisa-ação **prática** onde o pesquisador escolhe ou projeta as mudanças feitas, diferente da **técnica** na qual o pesquisador toma uma prática existente de algum outro lugar e a implementa em sua própria esfera de prática para realizar uma melhoria.

Segundo Franco (2005), embora a pesquisa-ação tenha se originado em meados da década de 1940 com uma abordagem experimental, sofreu modificações e por volta da década de 1980 assume uma perspectiva dialética, e hoje, após diversos acréscimos, há o que a autora chama de "um mosaico de abordagens metodológicas". Para a autora, no Brasil, são praticados três tipos de pesquisa-ação: colaborativa, crítica e estratégica. O presente trabalho se encaixa no terceiro tipo,

descrito como um tipo de pesquisa onde a transformação é previamente planejada, sem a participação dos sujeitos, e apenas o pesquisador acompanhará os efeitos e avaliará os resultados de sua aplicação.

4.2. Organização da pesquisa

Descrevo abaixo a organização geral desta pesquisa dentro da perspectiva da pesquisa-ação conforme modelo proposto por Goodnough (2011). As metodologias específicas relacionadas às ações desenvolvidas - no caso, desenvolvimento e aplicação de materiais didáticos e atividade de intervenção (Oficina de ensino em sistemática filogenética) - serão descritas com maiores detalhes metodológicos, incluindo procedimentos de coleta e análise dos dados nos capítulos específicos.

Após o reconhecimento do problema a ser abordado, foi realizada uma pesquisa bibliográfica que permitiu compreender melhor o tema "ensino de sistemática filogenética" e o que vem sendo feito para melhorar o ensino nesta área na educação básica e também no ensino superior.

Como resultado das pesquisas iniciais pela bibliografia da área, surgiram diversos questionamentos que chamarei de "perguntas da pesquisa", que foram a base para o planejamento das ações de intervenção planejadas e executadas. Abaixo segue a descrição das perguntas levantadas e a seguir as medidas de intervenção escolhidas devidamente justificadas.

4.2.1. Perguntas da pesquisa

- Como podemos contribuir para que os alunos da licenciatura em Ciências Biológicas compreendam melhor a sistemática filogenética e a sua importância para o ensino de ciências na educação básica?
- Como utilizar os dados já existentes sobre dificuldades no aprendizado de sistemática filogenética para melhorar o ensino do tema?

- Assimilar os conceitos básicos da sistemática filogenética é suficiente para compreender a sua importância no ensino de ciências?
- Uma oficina de ensino de sistemática filogenética pode melhorar a compreensão que os alunos têm do assunto e influenciar a sua predisposição em abordar o assunto enquanto futuros professores da educação básica?

4.2.2. Intervenções propostas

4.2.2.1. Desenvolvimento de Materiais Didáticos

Segundo Freitas (2007, p. 21), "os materiais e equipamentos didáticos são todo e qualquer recurso utilizado em um procedimento de ensino, visando à estimulação do aluno e à sua aproximação do conteúdo". Ainda segundo o autor, para uma escolha mais eficiente dos recursos didáticos a serem utilizados, alguns critérios devem ser observados, dentre eles a adequação aos objetivos e necessidades dos alunos às habilidades que se quer desenvolver. Além disso, devem ser levados em conta a simplicidade, baixo custo e manipulação acessível, além da qualidade e atração despertada nos alunos. Considerando-se as diferentes formas de aprendizagem e retenção de conteúdos, o uso de ferramentas diversificadas além de associação de teoria com prática, seriam as formas que contribuiriam mais efetivamente para a construção e sedimentação do conhecimento (FREITAS, 2007).

Durante todo o levantamento bibliográfico, bem como em minha prática docente, senti falta de um material didático que ajudasse os estudantes a compreenderem a interpretação de uma árvore filogenética. Esta interpretação envolve a ideia de rotação de eixos, o que pra mim poderia ser melhor compreendido pelos alunos fazendo uso de um material tridimensional. A elaboração de materiais didáticos, discutida no primeiro artigo, se encaixa como resposta à minha primeira pergunta (*Como eu posso contribuir para que os alunos da licenciatura em Ciências Biológicas compreendam melhor a sistemática filogenética e a sua importância para o ensino de ciências na educação básica?*).

Assim, foi desenvolvido o material didático "**Árvore da vida**", composto por um kit de montagem da árvore tridimensional manipulável, denominado "**Construindo a árvore da vida**", e um jogo de tabuleiro para revisão de conceitos em sistemática filogenética, denominado "**Quiz Árvore da vida**". Desta forma, o jogo pode ser utilizado também como ferramenta de revisão, apresentando caráter dinâmico e estimulando a cooperação e a competitividade entre os alunos.

O material didático "Árvore da vida", bem como sua aplicação e avaliação, está descrito com maiores detalhes no primeiro artigo da dissertação.

4.3.2. Oficina de Formação Docente

O planejamento de uma oficina, discutida no segundo artigo, se encaixa como resposta às demais perguntas levantadas (1) *Como utilizar os dados já existentes sobre dificuldades no aprendizado de sistemática filogenética para melhorar o ensino do tema?* (2) *Assimilar os conceitos básicos da sistemática filogenética é suficiente para compreender a sua importância no ensino de ciências?* (3) *Uma oficina de ensino de sistemática filogenética pode melhorar a compreensão que os alunos têm do assunto e influenciar a sua predisposição em abordar o assunto enquanto futuros professores da educação básica?*

Assim, foi desenvolvida uma oficina que pudesse ajudar os licenciandos do Curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário Norte do Espírito Santo, da Universidade Federal do Espírito Santo, enquanto futuros professores, a trabalhar a sistemática filogenética. Para isso foram reforçados conceitos na área, discutido o seu ensino na educação básica e apresentados materiais didáticos e outras atividades. A oficina foi registrada (no. 100413) junto ao Sistema de Informações de Extensão da Pró-Reitoria de Extensão da Universidade Federal do Espírito Santo sob o título "Trabalhando a árvore da vida na educação básica".

Um aspecto importante da pesquisa-ação é a sua natureza espiral cíclica (GOODNOUGH, 2011; TRIPP, 2005), onde os resultados obtidos nesta ação, e as reflexões originadas do processo e das discussões com o grupo, servem de base

para um planejamento de um segundo ciclo de pesquisa-ação: planejamento - ação - coleta/análise de dados - reflexão/avaliação da ação. Seguindo esta proposta, é discutido, no segundo artigo, o desenvolvimento da oficina e seus resultados.

6. Referências

- ALMEIDA, P. C. A.; BIAJORNE, J. Saberes docentes e formação inicial de professores: implicações e desafios para as propostas de formação. **Educação e pesquisa**, São Paulo, v. 33, n. 2, p.281-295, maio/ago. 2007.
- AMORIM, D. S. Paradigmas pré-evolucionistas, espécies ancestrais e o ensino de Zoologia e Botânica. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. -, n. 36, p.125-150, jun. 2008.
- BAUM, D. A.; OFFNER, S. Phylogenics & Tree-Thinking. **The American Biology Teacher**, v. 4, n. 70, p.222-229, Apr. 2008.
- BAUM, D. A.; SMITH, S. D. **Tree thinking: an introduction to phylogenetic biology**. Greenwood Village, CO: Roberts, 2013. 476 p.
- BAUM, D. A.; SMITH, S. D.; DONOVAN, S. S. S. Evolution: The Tree-Thinking Challenge. **Science**, v. 310, n. 5750, p. 979-980, Nov. 2005.
- BLACQUIERE, L. D.; HOESE, W. J.. A valid assessment of students' skill in determining relationships on evolutionary trees. **Evolution: Education and Outreach**, v. 9, n. 1, p.1-12, 23 May 2016.
- BORKO, H. Professional Development and Teacher Learning: Mapping the Terrain. **Educational researcher**. [S.I.] v. 33, n. 8, p. 3-15 nov. 2004.
- BOYCE, C. J. **Investigating how students communicate tree-thinking**. 2015. 175 f. Tese (Doutorado em "Philosophy") - University of Southern Mississippi, Mississippi.
- CATLEY, K. M.; NOVICK, L. R; SHADE, C. K. Interpreting Evolutionary Diagrams: When Topology and Process Conflict. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 47, n. 7, p. 861-882, 2010
- COSTA, L. O. **A classificação biológica nas salas de aula: modelo para um jogo didático**. 2012. 106 f. Dissertação (Mestrado profissional em "Ensino em biociências e saúde") - Curso de Pós-graduação em Ensino em Biociências e Saúde, Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2012.
- COUTINHO, C. **Ensinando evolução através de filogenias: concepções dos professores e contribuição dos livros didáticos**. 2013. 91 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Programa de Pós-graduação Educação em Ciências: química da vida e saúde, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Santa Maria, 2013.

COUTINHO, C.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. Estimulando o “pensamento em árvore” em alunos de ensino médio: potencial de contribuição dos livros didáticos de biologia. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p.326-336, dez. 2014.

COSWOSK, J. A. **A sistemática filogenética como ferramenta de ensino dos conceitos evolutivos**. 2014. 154 f. TCC (Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas) - Centro Universitário Norte do Espírito Santo, São Mateus, ES, 2014.

DEES, J. et al. Student Interpretations of Phylogenetic Trees in an Introductory Biology Course. **CBE Life science Education**, v. 13, n.4, p. 666-676, 2014.

DONAVEN, M., Using manipulative trees to develop tree-thinking. 2013. **Honors Theses**. The University of Southern Mississippi. 159 p. 2013.

EDDY, S. L. et al. How should we teach tree-thinking? An experimental test of two hypotheses. **Evolution: Education and outreach**, v. 6, n. 13, p.1-11, 2013.

FERNANDEZ, C. PCK-Conhecimento Pedagógico do Conteúdo: perspectivas e possibilidades para a formação de professores. **Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências**, v. 8, p. 1-12, 2011.

FERNANDEZ C. Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (pck) de professores de ciências. **Revista ensaio**. Belo Horizonte. v. 17, n. 2, p 500-528, maio/ago 2015.

FERREIRA, F. S. et al. A zoologia e a botânica do ensino médio sob uma perspectiva evolutiva: uma alternativa de ensino para o estudo da biodiversidade. **Caderno de Cultura e Ciência**, Crato, v. 2, n. 1, p.58-66, abr. 2008.

FRANCO, Maria Amélia Santoro. Pedagogia da pesquisa-ação. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 483-502, dec. 2005. ISSN 1678-4634. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/ep/article/view/27991>>. Acesso em: 25 julho 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S1517-97022005000300011>.

FREITAS, O. Equipamentos e materiais didáticos. Brasília : Universidade de Brasília. 2007. 132 p.

GARCIA, C. M. O professor iniciante, a prática pedagógica e o sentido da experiência. **Formação Docente**. Belo Horizonte. v. 2, n. 3, p. 11-49, ago/dez. 2010.

GOODNOUGH, K. **Taking action in science classrooms through collaborative action research: A guide for educators**. Rotterdam/ Boston/ Taipei: Sense Publishers. 2011. 113p.

GREGORY, T. R. Understanding Evolutionary Trees. **Evolution Education and outreach.** v. 1, p. 121-137, 2008.

HALVERSON, K. L. Using pipe cleaners to bring the tree of life to life. **American Biology Teacher**, v. 74, n. 4, p. 223-224, Apr. 2010.

KARPOV, Y. V. **Vygotsky's doctrine of scientific concepts.** In A. Kozulin, B. Gindis, V. Ageyev, & S. Miller (Eds.), *Vygotsky's Educational Theory in Cultural Context (Learning in Doing: Social, Cognitive and Computational Perspectives*, pp. 15-38). Cambridge: Cambridge University Press. 2003.

KARPOV, Y. V.; BRANSFORD, J. D. L.S. Vygotsky and the doctrine of empirical and theoretical learning. **Educational psychologist.** [S.l.] v.30, n.2, p. 61-66. jun 1995.

KIND, V. Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. **Studies in science education**, v. 45, n. 2, p. 169-204, set. 2009.

KOZULIN, A. **Psychological Tools and Mediated Learning.** In A. Kozulin, B. Gindis, V. Ageyev, & S. Miller (Eds.), *Vygotsky's Educational Theory in Cultural Context (Learning in Doing: Social, Cognitive and Computational Perspectives*, pp. 15-38). Cambridge: Cambridge University Press. 2003.

LIBÂNEO, J. C. A didática ea aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davydov. **Revista Brasileira de Educação**, n. 27, p. 1-21, 2004.

LIBÂNEO, J. C. A persistente dissociação entre o conhecimento pedagógico e o conhecimento disciplinar na formação de professores: problemas e perspectivas. in: Reunião Anual da Anped, Anais. 2012. Disponível em: [http:// www.anped.org.br/](http://www.anped.org.br/).

LOPES, W. R.; VASCONCELOS, S. D. Representação e distorções conceituais do conteúdo “filogenia” em livros didáticos do ensino médio. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p.149-165, dez. 2012.

LOPES, W. R.; VASCONCELOS, S. D. Sistemática Filogenética no ensino médio: uma reflexão a partir das concepções de alunos e professores da rede pública de Pernambuco, Brasil. **Revista de Educación en Biología**, [S.l.], v.17, n.1, p.38-54, jan. 2014.

MEIR E., et al. College students' misconceptions about evolutionary trees. **American Biology Teacher**, v. 69, n. 7, p.71–76, Sept. 2007.

NOVICK, L. R.; CATLEY, K. M.; FUNK, D. J. Characters Are Key: The Effect of Synapomorphies on Cladogram Comprehension. **Evolution: Education and Outreach** [S.I.], v.3, n.4, p. 539-547. 2010.

NOVICK, L. R.; CATLEY, K. M. Reasoning about evolution's grand patterns: College students' understanding of the tree of life. **American Educational Research Journal**, v. 50, n. 1, p. 138-177, 2013.

NOVICK, L. R.; SHADE, C. K.; CATLEY, K. M. Linear Versus Branching Depictions of Evolutionary History: Implications for Diagram Design. **Topics in Cognitive Science**. [S.I.] v. 3, p. 536-559, 2011.

NOVICK, L. R.; STULL, A. T.; CATLEY, K. M. Reading Phylogenetic Trees: The Effects of Tree Orientation and Text Processing on Comprehension. **BioScience**. [S.I.] v. 62, n. 8. p. 757-764. 2012.

O'HARA, R. J. Population thinking and tree thinking in systematics. **Zoologica Scripta**, [S.I.] v. 26, n. 4, p.323-329, out. 1997.

OMLAND, K. E.; COOK, L. G.; CRISP, M. D. Tree thinking for all biology: the problem with reading phylogenies as ladders of progress. **BioEssays** v.30 n.9 p. 854-867. sep. 2008.

PHILLIPS, B. C.; Novick, L. R.; Catley, K. M.; Funk, D. J. Teaching tree thinking to college students: It's not as easy as you think. **Evolution: Education and Outreach**, v. 5, n. 4, p. 595, 2012.

RIGATO, E.; MINELLI, A. The great chain of being is still here. **Evolution: Education and Outreach**, [S.I.], v. 6, n. 18, p.18-23, Dec. 2013.

RODRIGUES, M. E.; JUSTINA, L.A.D; MEGLHIORATTI, F.A., O conteúdo de sistemática e filogenética em livros didáticos do ensino médio. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 2, p.13-23, nov. 2011.

SANDVIK, H. Tree thinking cannot taken for granted: challenges for teaching phylogenetics. **Theory in Biosciences**, [S.I.], v. 127, n. 1, p.45-51, fev. 2008.

SANTOS, C. M. D.; CALOR, A. R.. Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética. **Ciência & Ensino**, São Paulo, v. 1, n. 2, p.1-8, jun. 2007a.

SANTOS, C. M. D.; CALOR, A. R.. Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética II. **Ciência & Ensino**, São Paulo, v. 2, n. 1, p.1-8, dez. 2007b.

SHABANI, K. Applications of Vygotsky's sociocultural approach for teachers' professional development. **Cogent Education**, v. 3, n. 1, p. 1252177, 2016.

SHULMAN, L. S. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. **Educational Researcher**, v.15, n.2, p.4-14, Feb. 1986.

SILVA, H. C. et al. Cautela ao usar imagens em aulas de ciências. **Ciência & Educação** (Bauru) v.12 n.2 p. 219-233 ago. 2006.

STAUB, N. L., PAUW, P. G., & PAUW, D. Seeing the forest through the trees: Helping students appreciate life's diversity by building the Tree of Life. **The American Biology Teacher**, v. 68, n.3, p. 149-151, mar. 2006

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 16. ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005

VIGOTSKI, L. S. Pensamento e Linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 1993.

VIGOTSKI, L. S. A construção do pensamento e da linguagem; Tradução Paulo Bezerra. - 2 ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes. 2009

ZIADIE, M. A.; ANDREWS, T. C. Moving evolution education forward: a systematic analysis of literature to identify gaps in collective knowledge for teaching. **CBE—Life Sciences Education**, v. 17, n. 1, p. 1 - 10. mar. 2018.

PARTE II

ARTIGO 1

MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA

DIDACTIC MATERIALS FOR PHYLOGENY TEACHING

Marcela Miranda de Lima; Frederico Falcão Salles; Karina Carvalho Mancini

Resumo

Cladogramas correspondem a hipóteses sobre a evolução dos grupos e seu uso permite trabalhar o conceito de ancestralidade comum, fundamental no ensino de biologia. Entretanto, a habilidade de interpretar um cladograma não é inata e necessita ser adquirida por meio do aprendizado. O objetivo deste estudo foi testar um kit tridimensional elaborado com materiais de fácil acesso e baixo custo para se trabalhar a interpretação de cladogramas e aplicar um jogo para revisão. A intervenção com os recursos produzidos foi realizada em duas turmas de terceiro ano do ensino médio de uma escola pública da cidade de São Mateus, ES. A turma foi dividida em grupos e a partir de um roteiro, cada grupo montou um cladograma baseado em uma tabela de animais e suas características. O jogo foi aplicado em aula posterior com a turma novamente dividida em grupos e contou com perguntas sobre o conteúdo. Com base na observação pessoal do desenvolvimento das atividades em sala de aula, na entrevista e no questionário aplicados à professora e monitoras, pode-se concluir que (1) o envolvimento dos alunos com o material tridimensional foi positivo; (2) os materiais permitiram a elaboração de atividades específicas para o conteúdo pretendido pela professora e (3) com base nesta experiência de aplicação, ajustes foram realizados para melhorar a funcionalidade do material e a sua resistência ao manuseio bem como a dinâmica do jogo.

Palavras-chave

Cladograma. Interpretação. Recurso tridimensional. Jogo. Evolução.

Abstract

Cladograms correspond to hypotheses about the evolution of groups and their use allows to work the concept of common ancestry, fundamental in biology teaching. However, the ability to interpret a cladogram is not innate and needs to be acquired through learning. The objective of this study was to test a three-dimensional kit

elaborated with low cost and easy access materials to work the interpretation of cladogramas and to apply a game for review. The intervention with the produced resources was carried out in two classes of third year of the high school of a public school of the city of São Mateus, ES. The group was divided into groups and, based on a script, each group set up a cladogram based on a table on animals and their characteristics. The game was applied in a later class with the class again divided into groups and had questions about the content. Based on the personal observation of the development of the classroom activities, the interview and the questionnaire applied to the teacher and monitors, it can be concluded that (1) the students' involvement with the three-dimensional material was positive; (2) the materials allowed the elaboration of specific activities for the content intended by the teacher and (3) based on this application experience, adjustments were made to improve the functionality of the material and its resistance to handling as well as the dynamics of the game.

Keywords

Cladogram. Interpretation. Three-dimensional model. Game. Evolution.

Introdução

A biologia moderna está fortemente apoiada no conceito da evolução das espécies, e entende-se que cada ser vivo compartilha ancestrais em maior ou menor grau com os demais seres vivos. Uma forma encontrada para mostrar estas relações entre os seres vivos são representações gráficas denominadas “cladogramas” ou “árvores filogenéticas”. Os cladogramas correspondem a hipóteses sobre a evolução dos grupos, e seu uso, além de permitir trabalhar o conceito de ancestralidade comum, permite a introdução de conceitos relativos ao trabalho com hipóteses científicas, aproximando os estudantes da natureza das Ciências Biológicas (SANTOS; CALOR, 2007).

Segundo Dees e colaboradores (2014), enquanto elementos visuais, as árvores filogenéticas são um tipo de diagrama esquemático que ilustra conceitos abstratos, e não a aparência de objetos (diagramas icônicos) ou relações quantitativas (tabelas e gráficos). Devido à sua natureza abstrata, este tipo de diagrama esquemático é usado para descrever processos que são difíceis de serem observados, como a evolução, e sua interpretação é governada por convenções aprendidas. Assim, para

que possam compreender as árvores filogenéticas, os indivíduos precisam compreender primeiramente as convenções envolvidas nestas representações (DEES et al., 2014; BOYCE, 2015), sendo que a sua interpretação sem o devido entendimento destas convenções e de suas propriedades pode levar a conclusões errôneas acerca do processo evolutivo e acerca de relações de parentesco entre organismos.

"Pensamento filogenético" é o termo em português (alguns autores também usam "pensamento em árvore") usado para se referir a "Tree-thinking", que é o termo cunhado em inglês para designar a habilidade de interpretar corretamente as relações entre organismos apresentadas nas árvores filogenéticas (O'HARA, 1997; BAUM; SMITH; DONOVAN, 2005; BAUM; OFFNER, 2008). É importante ressaltar que esta habilidade não é inata e necessita ser adquirida por meio do aprendizado (O'HARA, 1997; SANDVIK, 2008). Este conhecimento pode ser abordado no ensino fundamental (AMORIM, 2008; COSWOSK, 2014), no ensino médio (FERREIRA et al., 2008; COSTA, 2012; LOPES; VASCONCELOS, 2012) assim como no ensino superior (SMITH; CHERUVELIL, 2009; BLACQUIERE; HOESE, 2016) usando-se profundidade, abordagens e terminologia diferentes. Dificuldades relacionadas à interpretação das árvores filogenéticas podem ser percebidas não só em estudantes em todos os níveis, como também em profissionais especializados na área da biologia evolutiva (BAUM; SMITH; DONOVAN, 2005; RIGATO; MINELLI, 2013).

Na área do ensino, as consequências da não compreensão do tema entre os professores têm efeitos negativos no ensino de biologia, conforme ressaltam Lopes e Vasconcelos (2012, p. 161):

[...] se o educador não apresenta esses conhecimentos agregados à sua estrutura cognitiva, tampouco será capaz de promover aprendizagem significativa em seus alunos. O professor que desconhece a sistemática filogenética e não sabe interpretar as informações contidas em um cladograma pode encontrar dois obstáculos: (a) não compreender o que é Filogenia e, portanto, não trabalhar o assunto com o aluno, omitindo-o; ou (b) interpretar erroneamente uma Filogenia e, conseqüentemente, trabalhar o assunto de forma equivocada com o aluno, podendo recair em erros conceituais."

A interpretação dos cladogramas depende de um trabalho mental de rotação dos eixos desenhados e, embora quem domine o assunto tenha isto em mente, para quem está começando a estudar o tema, pode haver dificuldades que levam à interpretação equivocada das relações entre os grupos representados (DONAVEN, 2013). É possível perceber essa dificuldade de rotacionar mentalmente os eixos nos trabalhos que apontam os erros mais comuns cometidos pelos estudantes na interpretação dos cladogramas (MEIR et al., 2007; DEES et al., 2014), sendo um deles a leitura dos ramos terminais do cladograma, ao considerar mais próximos entre si os grupos que tenham uma maior proximidade no cladograma desenhado. Ao ser capaz de rotacionar os eixos, o aluno facilmente percebe que a distância entre os ramos terminais do cladograma não indica necessariamente relação próxima de parentesco.

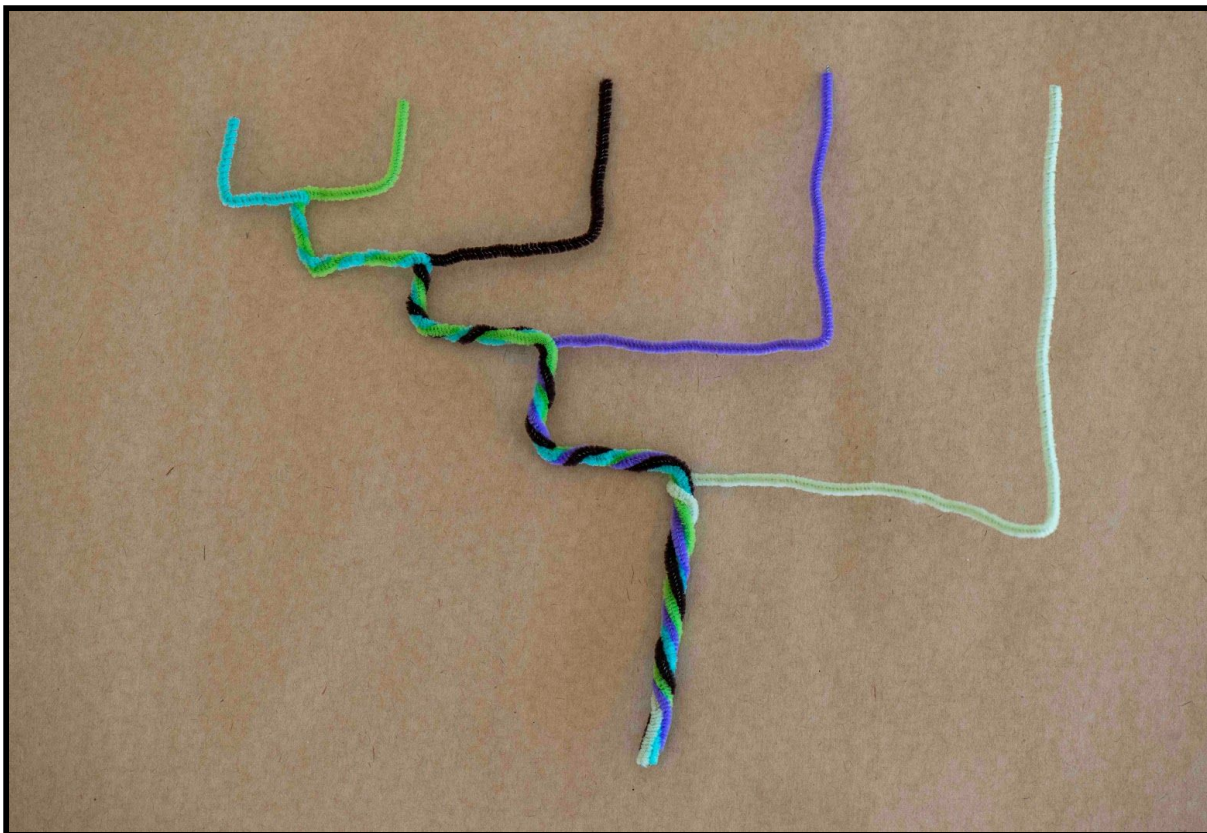
Segundo Freitas (2007, p. 21), "os materiais e equipamentos didáticos são todo e qualquer recurso utilizado em um procedimento de ensino, visando à estimulação do aluno e à sua aproximação do conteúdo". Ainda segundo o autor, para uma escolha mais eficiente dos recursos didáticos a serem utilizados, alguns critérios devem ser observados, dentre eles a adequação aos objetivos e necessidades dos alunos e às habilidades que se quer desenvolver. Além disso, devem ser levados em conta a simplicidade, baixo custo e manipulação acessível, além da qualidade e atração despertada nos alunos. Considerando-se as diferentes formas de aprendizagem e retenção de conteúdos, o uso de ferramentas diversificadas além de associação de teoria com prática, seriam as formas que contribuiriam mais efetivamente para a construção e sedimentação do conhecimento (FREITAS, 2007).

O principal recurso didático utilizado por grande parte dos professores no Brasil ainda é o tradicional livro didático. Quando falamos no ensino de conceitos relacionados à sistemática filogenética, muitos livros didáticos sequer abordam o assunto. Por outro lado, embora muitos livros didáticos tragam hoje esse conteúdo, tanto para ensino fundamental quanto para o ensino médio, e haja livros com conteúdos e apresentação adequadas do tema (RODRIGUES; JUSTINA;

MEGLHIORATTI, 2011; COUTINHO; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2014), há problemas importantes em diversos destes materiais (RODRIGUES; JUSTINA; MEGLHIORATTI, 2011; LOPES; VASCONCELOS, 2012; COSWOSK, 2014). Alguns trazem as imagens sem as devidas explicações, levando a interpretações equivocadas dos mesmos e outros, pela forma como as imagens são elaboradas, por exemplo trazendo o homem na extrema direita, levam a uma visão distorcida da evolução em que o homem é o ser “mais evoluído”, corroborando a visão que muitos alunos já têm. Em alguns livros, o tema é abordado apenas com exemplos de zoologia, passando aos alunos a percepção equivocada de que “apenas os animais evoluem”. Alguns autores apontam ainda a falta de materiais de apoio ao professor e de exercícios de fixação do conteúdo apontada por alguns autores (LOPES; VASCONCELOS, 2012; COSWOSK, 2014; BOYCE, 2015).

Existem diversos recursos e sites com propostas para professores a respeito do ensino de sistemática filogenética, porém a grande maioria encontra-se em inglês, dificultando o uso pelos professores no Brasil. Dentre as propostas apresentadas em língua inglesa, estão os trabalhos de Halverson (2010) e Donaven (2013) com montagem de cladogramas tridimensionais. Donaven (2013) avalia o uso de cladogramas tridimensionais monocromáticos (pretos) versus cladogramas tridimensionais multicromáticos (cada ramo de uma cor distinta) e os compara com o ensino convencional, usando apenas cladogramas bidimensionais (desenhos no livro ou quadro) sendo este último o grupo controle. Os resultados apontam ganhos de aprendizagem significativamente maiores com o uso dos modelos tridimensionais multicromáticos. Entretanto, esses estudos trabalham com limpadores de cachimbo (haste metálica flexível envolta em poliéster, utilizada para limpeza de cachimbos e também para artesanato) (Figura 1), que não são de uso comum e preço acessível no Brasil.

Figura 1 - Exemplo de cladograma montado usando limpadores de cachimbo, de acordo com a proposta de Halverson (2010)



Fonte: Elaborado pelos autores

Quando falamos em formação docente, diferentes saberes e/ou conhecimentos estão envolvidos e há diferentes denominações para estes saberes, de acordo com diferentes autores (ALMEIDA; BIAJORNE, 2007). Shulman (1986) divide o que ele chama de conhecimento do conteúdo em três categorias: conhecimento do conteúdo da matéria ensinada, conhecimento curricular e conhecimento pedagógico da matéria. Dentre estes conhecimentos, nos interessa aqui o conhecimento curricular, que pressupõe o conhecimento do currículo, representado pelos programas elaborados para o ensino de assuntos e tópicos para um determinado nível de ensino e a variedade de materiais instrucionais disponíveis relacionados a esses programas. O conhecimento curricular prevê ainda a capacidade de reconhecer as indicações ou contra-indicações de uso de determinados materiais em determinadas circunstâncias (SHULMAN, 1986).

Assim, consideramos de grande importância não só a elaboração de materiais

didáticos para o ensino do pensamento filogenético, mas a sua inserção em programas de formação inicial e continuada de professores, possibilitando a discussão das possibilidades e limitações do seu uso. Considerando a importância dos materiais de apoio didático ao professor, a deficiência dos materiais em uso (livros didáticos), o significativo ganho em aprendizagem observado por Donaven (2013) com o uso de materiais tridimensionais multicromáticos para o ensino de sistemática filogenética e o fato de o material usado no exterior ser pouco adequado ao uso no Brasil, foram elaboradas ferramentas de apoio ao ensino da sistemática filogenética utilizando recursos de baixo custo e de fácil acesso e que trouxessem possibilidades amplas de uso.

Apresentamos neste trabalho a "Árvore da vida", um material composto de: (1) **"Construindo a árvore da vida"**, um kit para montagem de um cladograma tridimensional com possibilidade de rotação de eixos e (2) **"Quiz árvore da vida"** um jogo de tabuleiro para revisão de conceitos em sistemática filogenética.

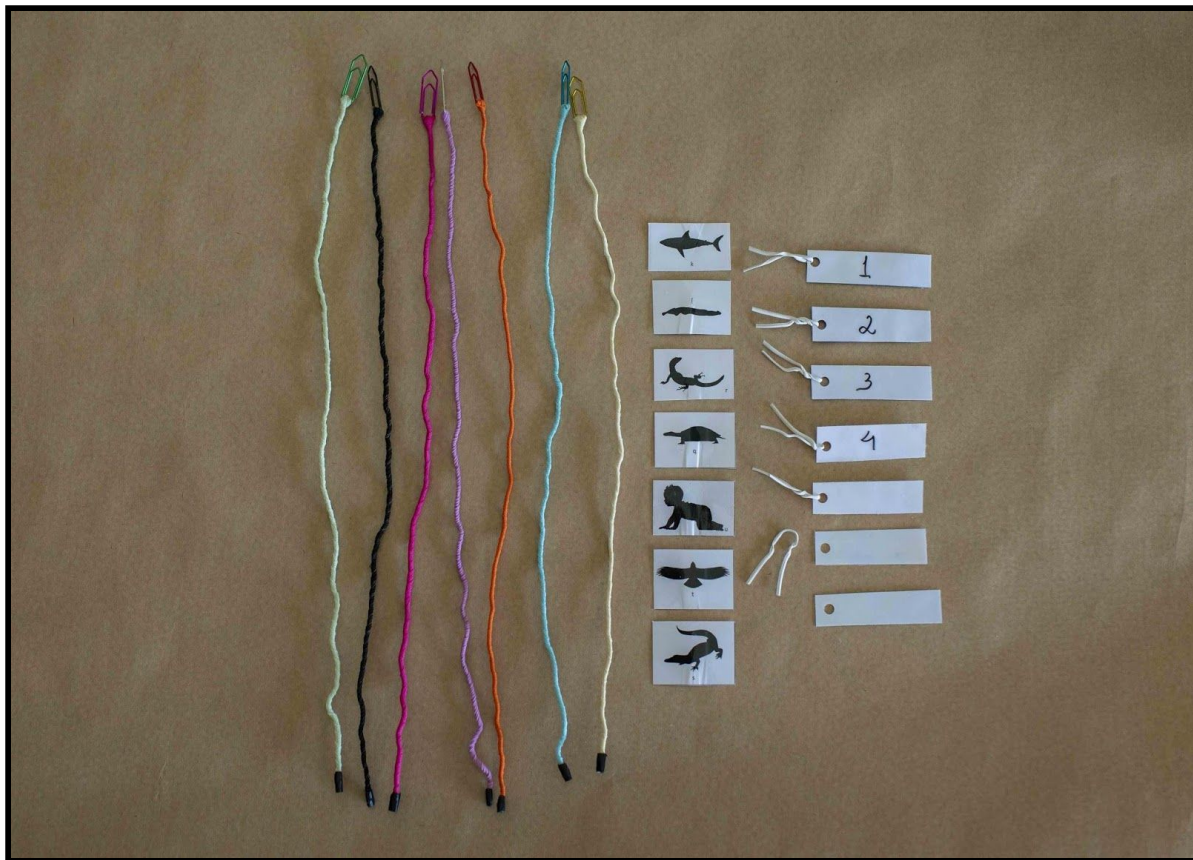
METODOLOGIA

1. Elaboração do material didático "Árvore da vida"

1.1. "Construindo a árvore da vida" - kit para montagem de cladogramas tridimensionais

Os materiais usados para a montagem da árvore tridimensional manipulável foram selecionados pensando na facilidade de acesso e baixo custo dos materiais, além da durabilidade e facilidade de uso. O kit para montagem do cladograma tridimensional aqui proposto é composto por sete hastes de arame encapadas com elásticos coloridos, cada uma com um clipe preso na extremidade, cartões de identificação dos táxons e fichas perfuradas para identificação das características a serem presas nas hastes por meio do uso de arames encapados (Figura 2).

Figura 2: Elementos do kit para montagem de cladogramas tridimensionais "Construindo a árvore da vida"



Fonte: Elaborado pelos autores

1.1.1. Materiais

- Arame liso de 2 mm para as hastes (7 hastes de 40 cm cada). Arames mais finos são mais difíceis de encapar e não dão um bom resultado final. Os limpadores de cachimbos propostos por Donaven (2013) são importados para o Brasil, adquiridos em grandes centros comerciais ou internet, ambos a alto custo. Além disso, há o custo para conseguir diferentes cores ou um determinado número de hastes de cada cor. Há opções de limpadores mais econômicos, mas são muito finos, sendo assim maleáveis demais para firmarem a árvore construída, além de terem cores muito semelhantes, o que dificulta o seu uso quando o professor precisa indicar para o aluno a qual haste se refere na atividade;
- Elásticos de várias cores (35 cm por haste), como material de recobrimento do arame. Este material (independentemente de sua largura) proporcionou o

melhor resultado de recobrimento. Outros materiais também podem ser utilizados, como fita de cetim estreita, viés de algodão, retalhos de tecido, barbante colorido, dentre outros. Entretanto, estes materiais apresentaram maior dificuldade e gasto de tempo. Além disso, cada material exige uma metragem diferente para recobrir as hastes;

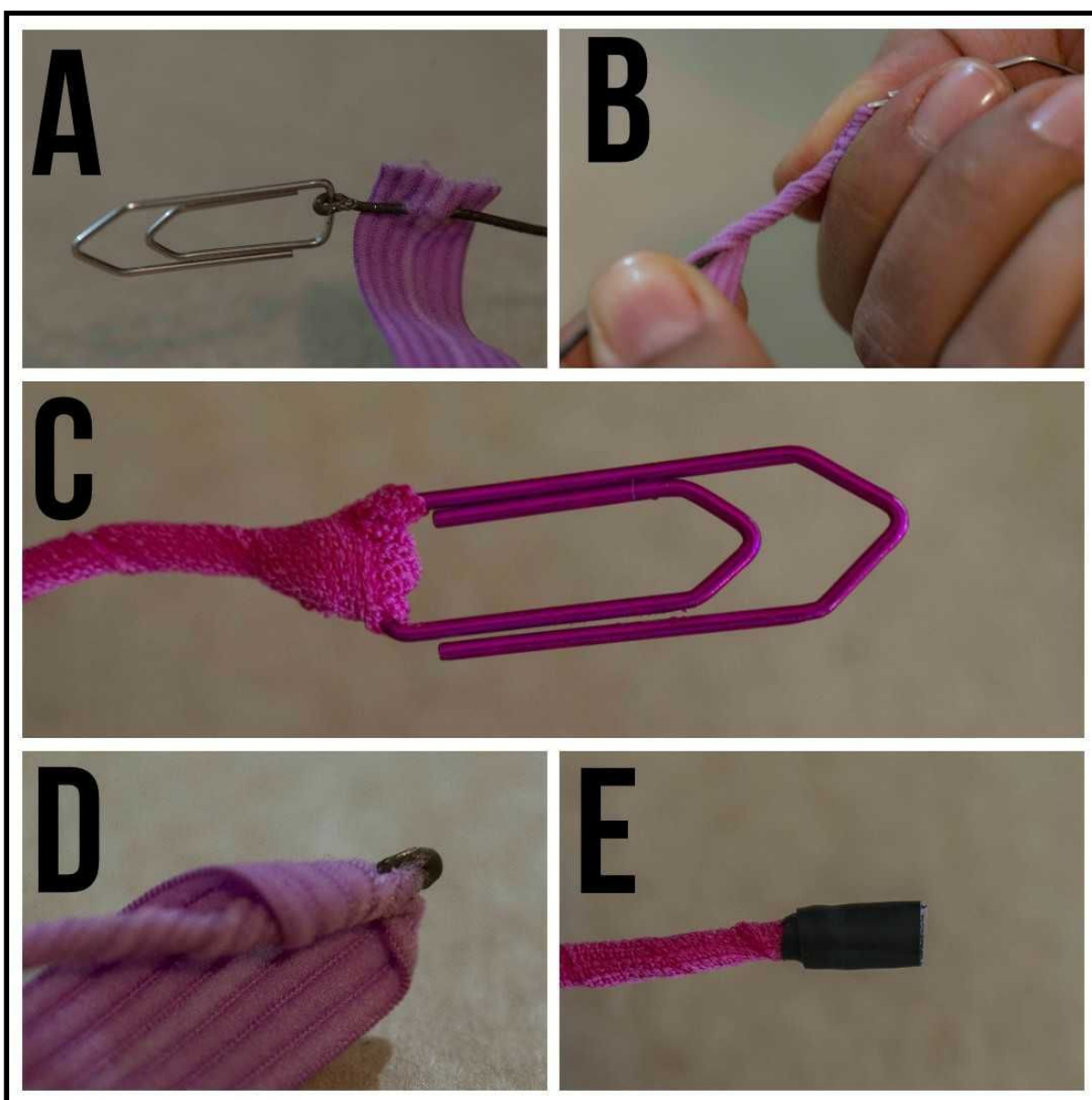
- Clipes coloridos de papel 1/0 (0), para prender os cartões dos táxons nas extremidades das hastes. Podem ser usados clipes sem cor;
- Alicate para manipulação das hastes de arame;
- Fita isolante para fazer o acabamento na ponta da haste sem o clipe;
- Papel cartão para os cartões dos táxons e as fichas de características;
- Canetas permanentes para as identificações das características;
- Arames encapados para embalagem (arames de amarrar saco de pão) para prender os cartões de características nas hastes;
- Furador de papel para encaixe das fichas de características nas hastes;
- Impressões de desenhos dos organismos em papel cartão;
- Papel adesivo transparente (papel contact) para durabilidade dos cartões dos organismos;
- Caneta para retroprojektor ponta média (uma unidade para cada grupo);
- Álcool gel para a limpeza do material após o uso.

1.1.2. Montagem

Hastes coloridas (Figura 3): Utilizando-se um alicate de ponta fina, cada arame foi curvado a cerca de 0,5 cm de sua extremidade, a ponta do elástico foi perfurada com o arame e este dobrado de forma a prender o elástico e um clipe firmemente. A seguir, o elástico colorido foi passado por dentro do clipe e enrolado, bem justo, ao

arame em toda a sua extensão. Ao final, a outra ponta do arame foi curvada sobre si mesma e fechada sobre a ponta do elástico de forma a prender o elástico com firmeza. A finalização da extremidade sem o clipe foi feita enrolando-se um pedaço de fita isolante. Cada kit conta com 7 cores diferentes, sendo que recomenda-se procurar cores facilmente distintas e escuras uma vez que cores muito claras com o manuseio tendem a ficar escurecidas.

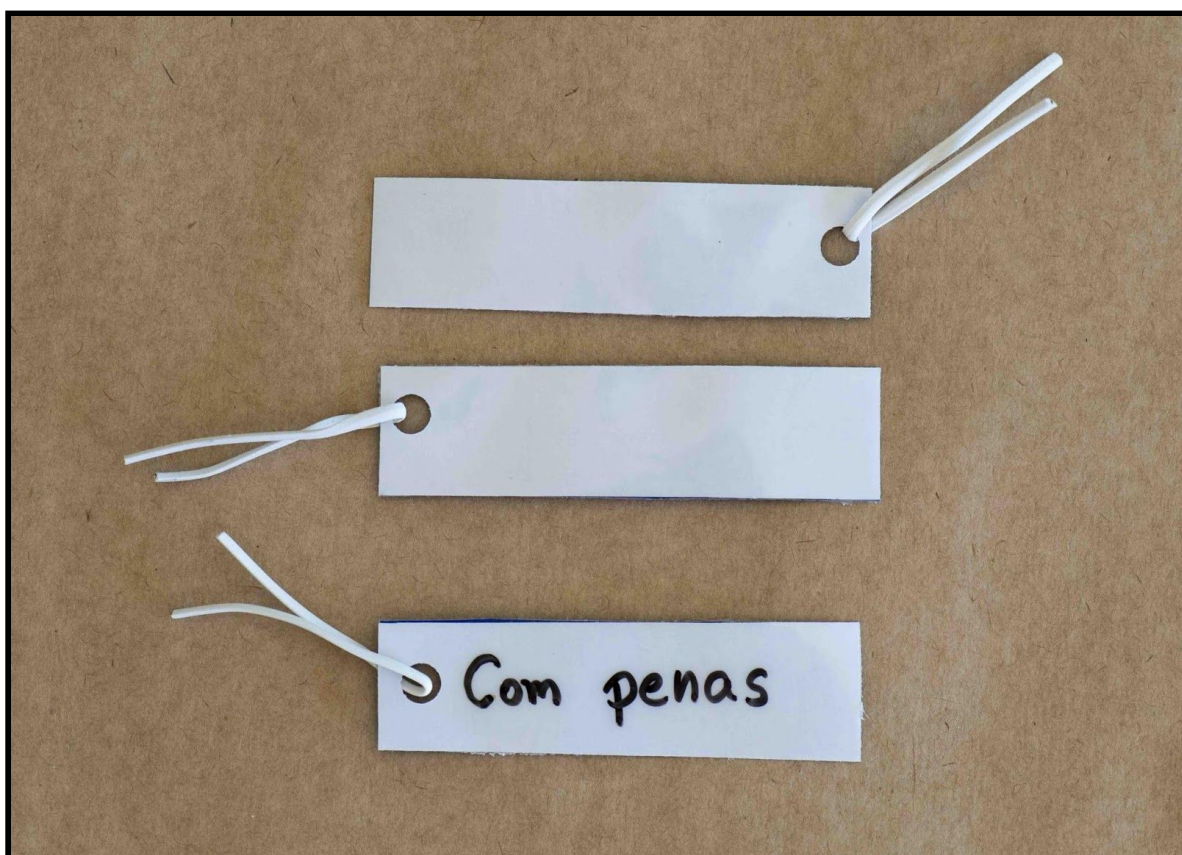
Figura 3: Modo de preparo das hastes: (A) colocação do clipe na extremidade, (B) recobrimento da haste com elástico, (C) acabamento da extremidade com clipe, (D e E) acabamento da extremidade sem clipe.



Fonte: Elaborado pelos autores

Fichas de características (Figura 4): recortar fichas de papel cartão branco (5x1,5cm) e plastificar com papel contact em ambos os lados (também pode-se usar fita adesiva larga). Para prender as fichas às hastes, perfurar a ponta da ficha utilizando perfurador de papel e prender um arame encapado (arame de saco de pão). Para o preenchimento com as características desejadas, usar caneta para retroprojeter ponta média e, após o uso, limpar as fichas com álcool gel.

Figura 4: Fichas de características

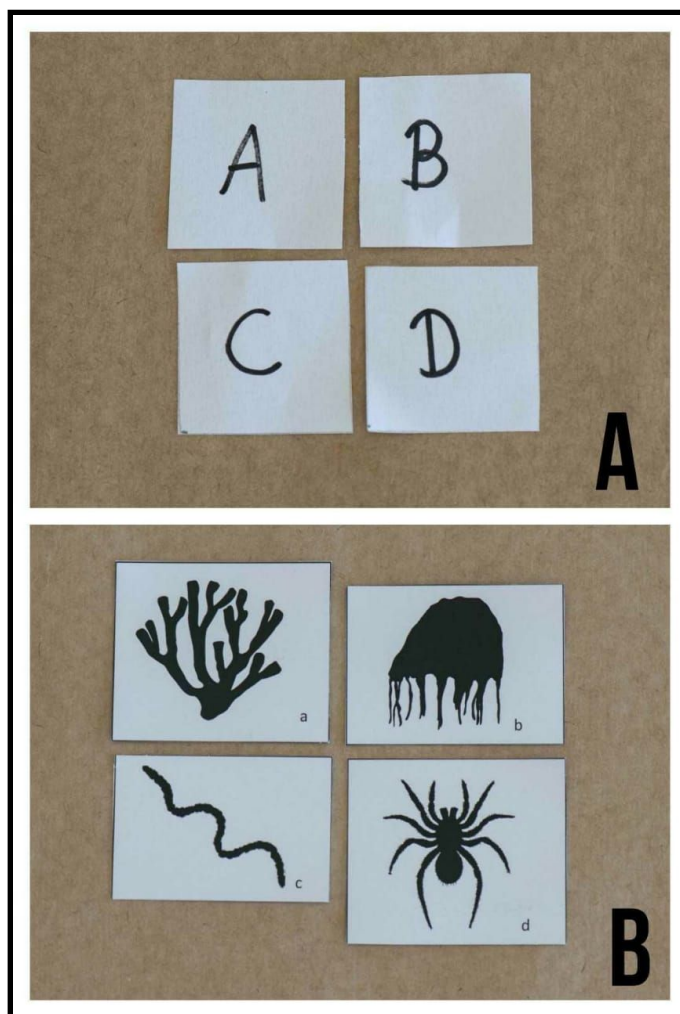


Fonte: Elaborado pelos autores

Cartões dos táxons (Figura 5): sugerimos diferentes formas para sua elaboração. Uma sugestão é recortar pedaços de papel sulfite (3,0 x 3,0 cm) e escrever letras representando os diferentes táxons. Esta opção é sugerida para iniciar a apresentação das árvores filogenéticas, de forma a reduzir a influência dos conhecimentos prévios dos alunos dos grupos taxonômicos na sua interpretação dos cladogramas. Uma segunda sugestão é o uso de imagens de animais e plantas representando os diferentes grupos com os quais se deseja trabalhar. Neste sentido,

foi preparado, a título de exemplo, um material complementar com uma seleção de imagens de grupos animais para impressão. As imagens foram retiradas do site <http://phylopic.org> (APÊNDICE A), sendo que neste mesmo site pode-se encontrar imagens de grupos vegetais também. Essas imagens são liberadas para o uso não comercial e cada uma vem acompanhada de sua licença de uso no *Creative Commons*. Uma vez tendo compreendido como se lê um cladograma através das letras, o uso de grupos de organismos conhecidos pelos estudantes é de grande importância na construção de novos conceitos partindo das ideias prévias dos alunos.

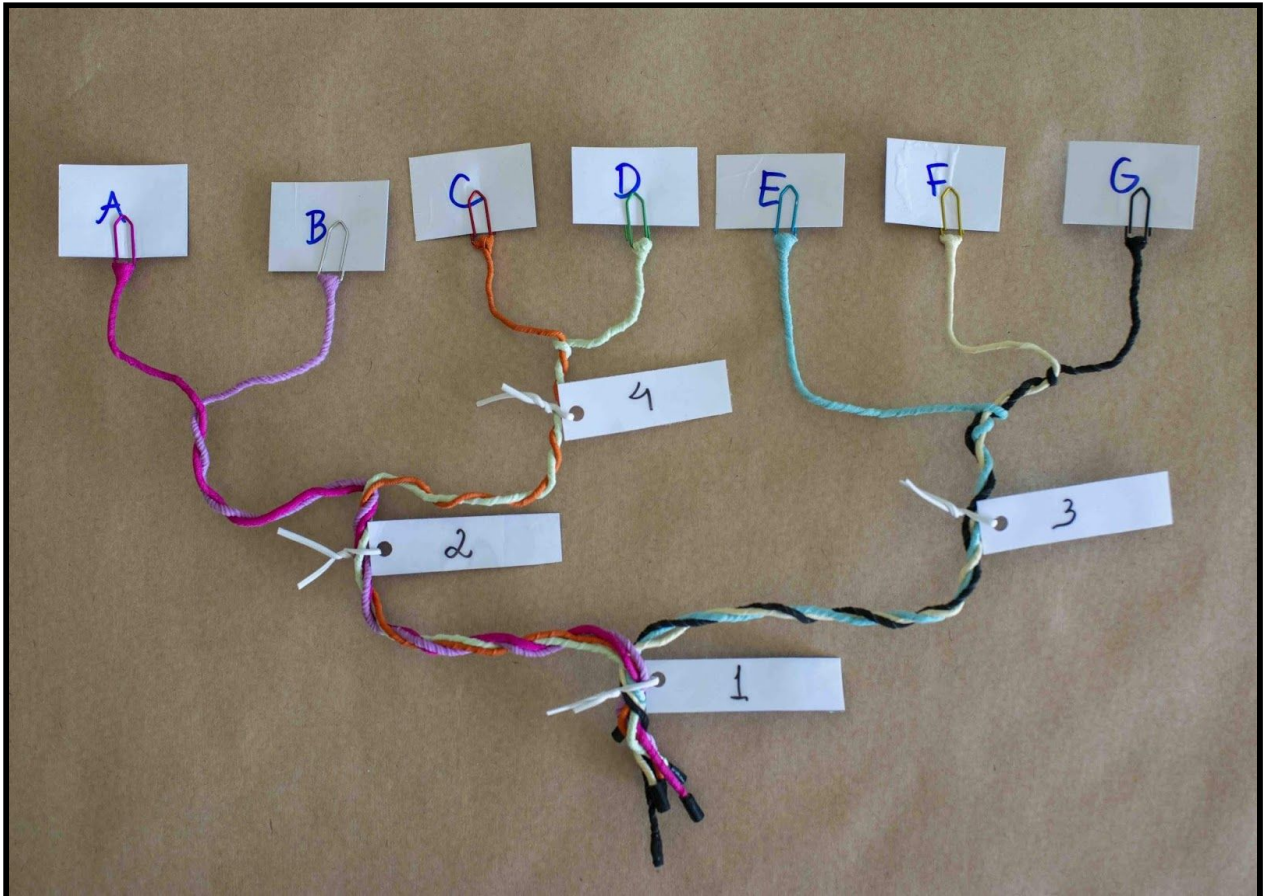
Figura 5: Cartões dos táxons, diferentes possibilidades: letras (A) e imagens dos táxons (B)



Fonte: Elaborado pelos autores

Montagem final (Figura 6): Ao juntar as hastes coloridas, as fichas de características e os cartões dos táxons, é possível montar um cladograma tridimensional.

Figura 6: Exemplo de cladograma tridimensional montado com o kit "Construindo a árvore da vida".



Fonte: Elaborado pelos autores

1.1.3. Sugestões de uso

O kit conta com um guia para o professor com sugestões de uso do material (APÊNDICE B). Este guia é importante uma vez que as sugestões de uso são baseadas nas dificuldades encontradas pelos estudantes ao interpretar as árvores filogenéticas (MEIR et al., 2007; DEES et al., 2014). O guia foi elaborado com o Software *SimpleMind PRO*, e seguiu o padrão de um cladograma com o objetivo de gerar curiosidade além de facilitar a consulta.

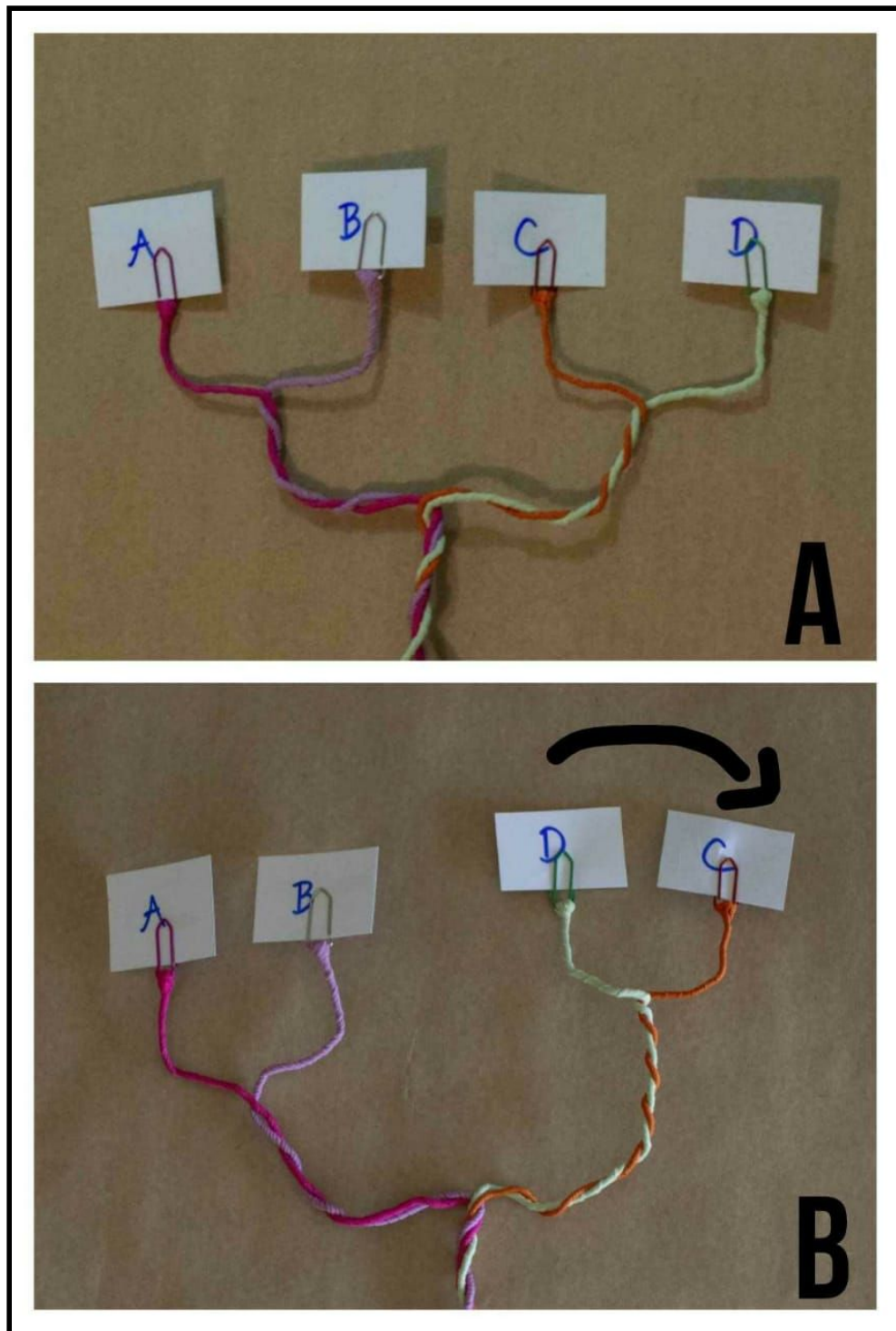
As possibilidades de uso do material são diversas, por isso não há uma instrução única de uso. Algumas possibilidades são: (1) O professor pode usar um único kit para montar um cladograma à medida que explica o conteúdo, de forma expositiva; (2) Pode-se distribuir os kits a grupos de alunos e solicitar que transformem um cladograma bidimensional (desenho) para o modelo tridimensional ou que construam um cladograma equivalente ao do desenho; (3) pode-se apresentar uma matriz ou solicitar que os alunos preencham uma matriz e a partir desta procedam à construção de um cladograma.

A recomendação básica com relação à construção de um cladograma, como forma de facilitar a sua montagem, é começar separando o número de hastes de acordo com o número de táxons presentes no cladograma, uni-las todas na base (onde se encontra o ancestral comum a todos os grupos) e a partir daí separar os grupos que possuam características compartilhadas exclusivas (ou sinapomorfias).

É possível trabalhar diversos conceitos com o material, por exemplo:

- (1) rotação de eixos; a rotação de eixos não implica em mudança na leitura do cladograma, pois o que importa são as relações de ancestralidade, que são visualizadas pelas posições relativas dos nós. Esta é uma boa forma de mostrar a importância de se analisar a posição dos nós em um cladograma, e não a posição relativa entre os táxons. Ao rotacionar os eixos, pode-se mostrar o conceito de cladogramas equivalentes, ou seja, um cladograma pode ser representado de diferentes formas e ao rotacionar os eixos é possível obter cladogramas equivalentes entre si (Figura 7);

Figura 7: Rotação de eixos no material didático: os cladogramas (A) e (B) são equivalentes entre si.

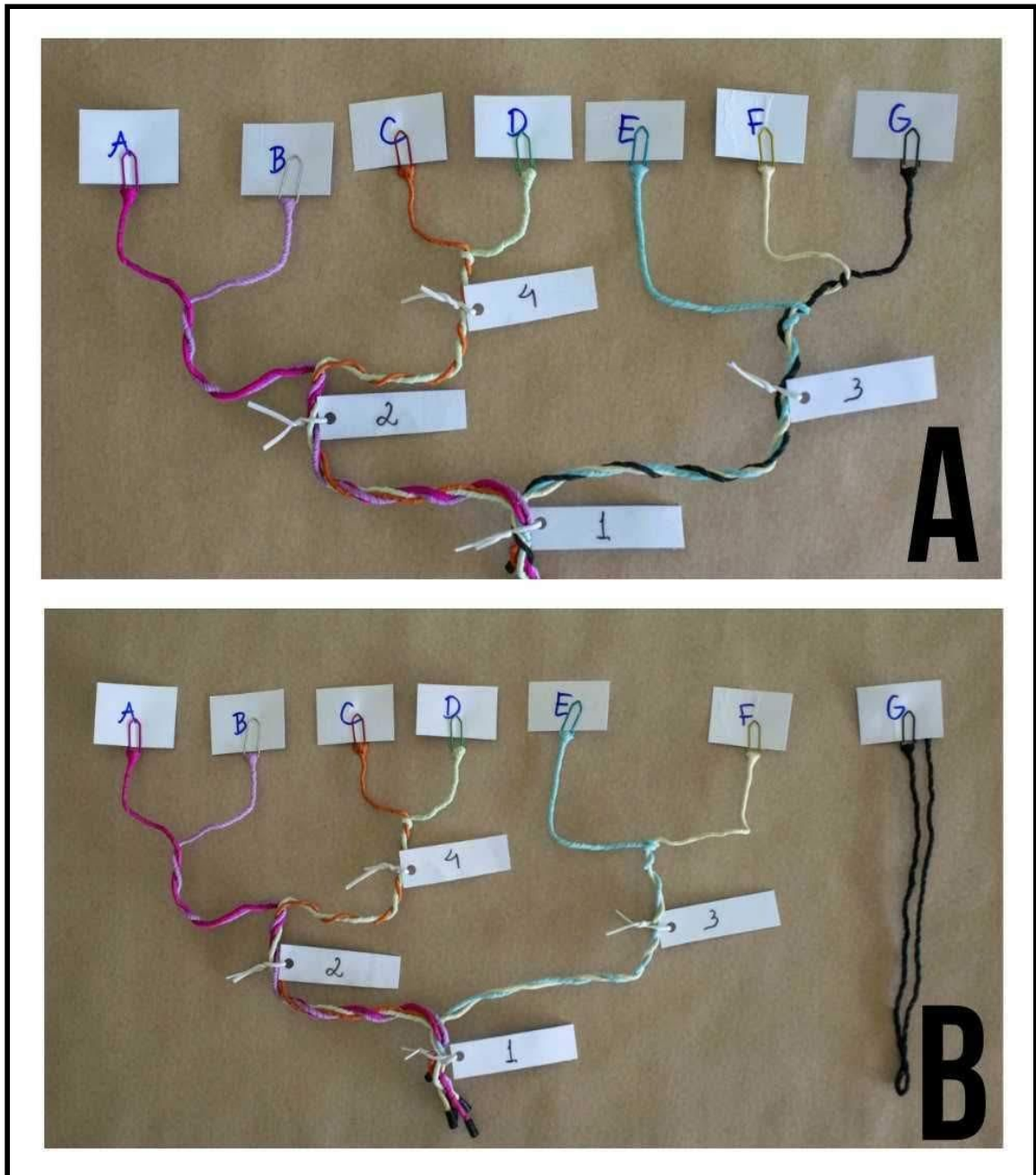


Fonte: Elaborado pelos autores

(2) relações de parentesco entre grupos (dados 3 grupos, analisar quais são mais próximos entre si com relação ao terceiro);

(3) pode-se demonstrar o que acontece ao se retirar ou se incluir um táxon do cladograma (não há mudança na relação entre os táxons remanescentes). No exemplo (Figura 8) pode-se observar que tanto no cladograma (A) quanto no (B) o táxon C é igualmente aparentado aos táxons E e F, independentemente da exclusão do táxon G;

Figura 8: Cladograma completo (A) e mostrando a exclusão do táxon G (B).



Fonte: Elaborado pelos autores

- (4) história evolutiva comum aos grupos; por meio das cores das hastes relativas aos táxons, é possível traçar a história evolutiva dos grupos e perceber qual parte desta história um determinado grupo apresenta em comum com outro (s) grupo (s), ou seja, onde as cores se encontram entrelaçadas;

1.2. Jogo didático "Quiz Árvore da vida"

Pensando em uma forma de revisar o conteúdo de forma lúdica, participativa e colaborativa, em que os estudantes tenham a possibilidade de se unir para responder questionamentos relacionados ao conteúdo trabalhado pelo professor, foi elaborado o jogo “Quiz Árvore da vida”, que é constituído de um tabuleiro vertical, peões, placas certo/errado e dois conjuntos de perguntas com os respectivos gabaritos.

1.2.1. Materiais

- Banner de lona, 90 cm largura x 70 cm altura com elemento para fixação na parede. Outras opções seriam (1) o reaproveitamento de banners usados, utilizando o verso para desenhar o cladograma, (2) o uso da imagem projetada no quadro branco (neste caso, a imagem fica maior e os peões podem ser colados sobre o quadro com fita adesiva) e (3) o uso de papéis como cartolina ou papel cartão. O uso de papel, no entanto, seria uma opção menos recomendável devido este ser um jogo para ser usado ao longo do ano letivo - em diferentes conteúdos como classificação, botânica, zoologia e evolução alterando-se as questões de acordo com o objeto de estudo.
- 2 peões (qualquer objeto de dimensões pequenas que tenha área para colar um pedaço de velcro no verso). Exemplos: botões, pedaços de E.V.A, pequenos brinquedos.
- Velcro e cola multiuso (ou velcro adesivo) para colar nos peões e nos nós do cladograma do banner de lona para fazer as "casas" do jogo.
- 2 placas de certo/errado - papelão escrito ‘certo’ de um lado e ‘errado’ do outro lado. Essas placas podem ser impressas, desde que tenham tamanho adequado

para que toda a turma possa visualizar.

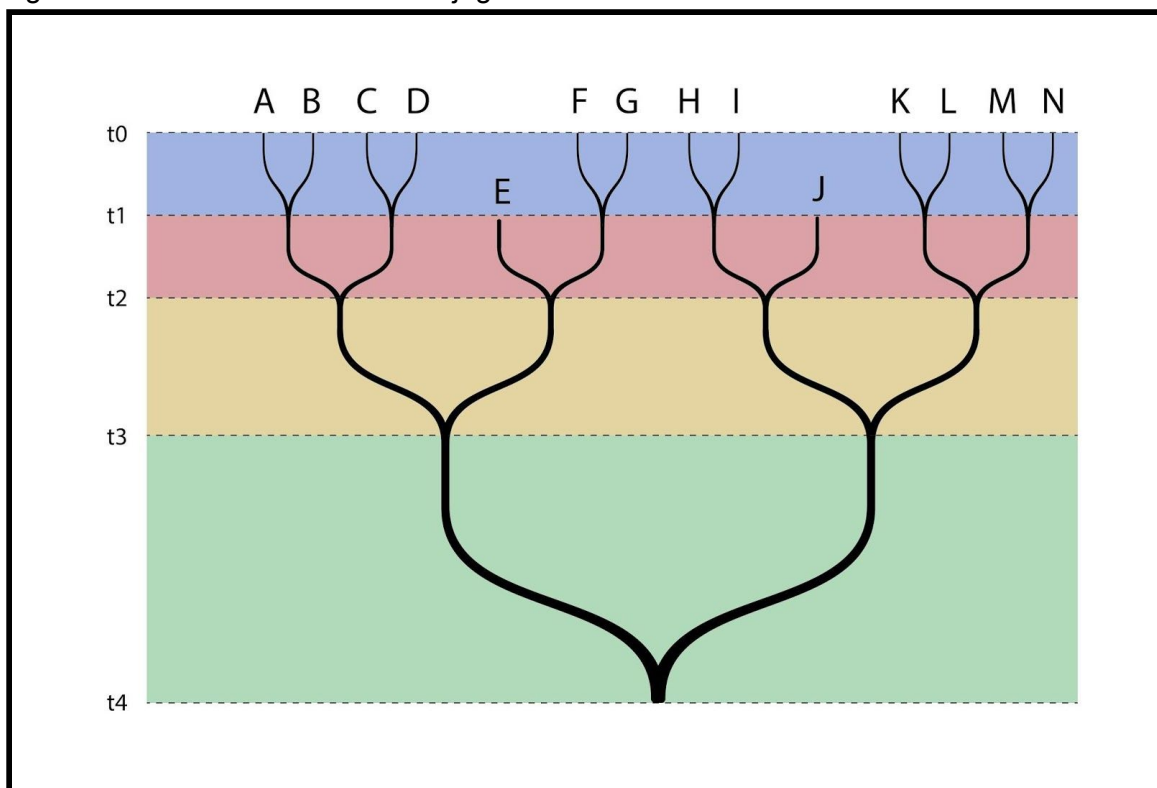
- “moeda” com indicações de lado ‘esquerdo’ e lado ‘direito’. A "moeda" pode ser qualquer objeto com dois lados. Esta peça é importante para trazer a ideia que o caminho evolutivo seguido por determinado grupo não trata de escolhas, mas de acasos bem-sucedidos.
- Conjunto de perguntas e gabarito - o jogo traz dois conjuntos de perguntas com gabarito. O primeiro conjunto faz referência ao cladograma do banner do jogo, e conta com perguntas sobre conceitos gerais em sistemática filogenética (APÊNDICE C). O segundo conjunto de perguntas (APÊNDICE D) faz referência ao cladograma de deuterostomados disponível neste mesmo apêndice.

1.2.2. Montagem

Para a montagem do jogo, o banner é pendurado como tabuleiro vertical. Cada nó corresponde a uma casa do jogo e possui um pequeno pedaço de velcro (parte mais grossa) fixado com cola multiuso.

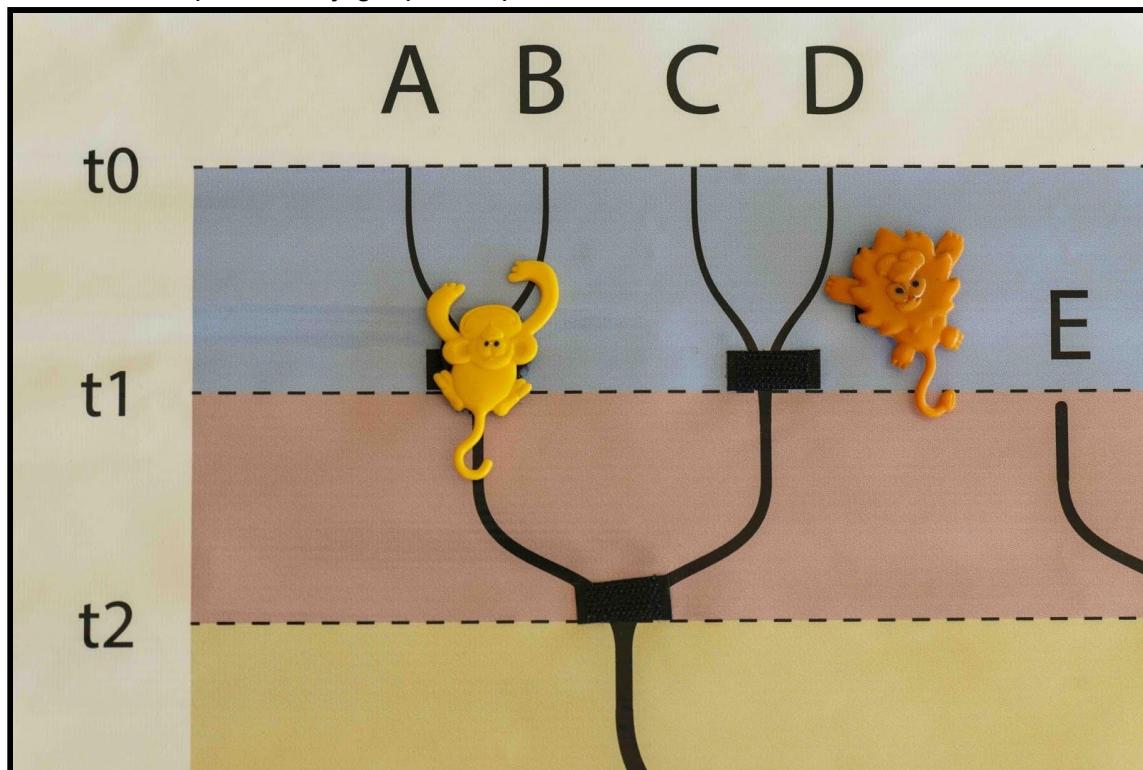
Os “peões” podem ser qualquer objeto contendo a outra metade do velcro. É importante que o tamanho dos peões seja compatível com o tamanho do velcro nos nós do cladograma de forma que possam caber todos os peões em um mesmo nó. No caso do jogo montado, foram utilizados dois pequenos animais de brinquedo (Figuras 9 e 10).

Figura 9: Desenho do tabuleiro do jogo didático “Quiz árvore da vida”.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 10: Detalhe do tabuleiro impresso mostrando os nós do cladograma com pedaços de velcro e os “peões” do jogo, presos por velcro.



Fonte: Elaborado pelos autores

O tabuleiro vertical deve ser pendurado em local alto para que todos vejam. O seu desenho serve de base para as perguntas básicas do jogo (APÊNDICE C). A ideia do conjunto básico de perguntas, que vem acompanhado do gabarito, é servir de exemplo e incentivar o professor a elaborar suas próprias perguntas sobre conceitos gerais de filogenia abordados em sala.

Embora o jogo venha com apenas dois conjuntos de perguntas e respostas (APÊNDICES C e D) a intenção é que estes conjuntos de perguntas sirvam de base para o professor elaborar suas próprias questões para cada grupo estudado ao longo do ano, seguindo uma abordagem filogenética. A sugestão é que utilize um cladograma do livro como base para as perguntas, ou, no caso de usar um diferente entregá-lo aos alunos ou desenhar no quadro antes de começar o jogo. As perguntas, sendo impressas em papel comum, são recortadas e sorteadas na hora pelo professor, o que facilita as mudanças nas questões a cada conteúdo diferente.

1.2.3. Como jogar/aplicar

As regras do jogo encontram-se esquematizadas na forma de um cladograma (APÊNDICE E) elaborado com o Software *SimpleMind PRO*.

A turma deve ser dividida em dois grupos, e cada um será representado por um peão. O professor regente apresenta uma questão, e cada equipe discute a resposta entre seus integrantes. A equipe da rodada responde e a outra deve dizer se a resposta está correta ou errada, levantando a placa certo/errado com o lado da resposta para o outro grupo. A correção final é do professor, que tem o gabarito (APÊNDICES C e D). Caso a equipe da rodada acerte a resposta, avança um nó no cladograma, caso contrário permanece no mesmo nó. Para a outra equipe, que determina se a resposta está correta ou não, uma correção acertada mantém o grupo no mesmo nó e uma correção errada faz a equipe voltar um nó. Se o grupo cair em um grupo fóssil (letras E ou J) volta para o início do cladograma. Esta dinâmica de avançar ou retornar uma casa e de voltar para o começo do jogo é

importante para o tempo de desenvolvimento do jogo. O lado a ser seguido pelas equipes no cladograma após cada resposta correta é definido por meio do uso da “moeda”.

2. Aplicação e Avaliação do material didático "Árvore da vida"

A oportunidade de aplicação do material surgiu no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus. O programa oferece bolsas de iniciação à docência aos alunos de licenciatura em escolas públicas, promovendo uma articulação entre a educação superior e básica (BRASIL, 2018). Neste contexto, uma aula prática de sistemática filogenética veio ao encontro da proposta de elaboração do material visando a formação docente inicial (alunos de licenciatura) e continuada (professor regente das turmas).

Os materiais elaborados foram aplicados em duas turmas de terceiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual no município de São Mateus, ES. De acordo com a demanda, foram confeccionados e disponibilizados para uso no dia das aulas 5 kits completos para uso dos alunos em grupos, mais um kit para uso da professora.

A avaliação dos materiais foi realizada contando com a colaboração da professora e três bolsistas PIBID atuantes na escola. A apresentação do material e suas possibilidades associadas ao reforço de conceitos na área e ao trabalho com o conhecimento pedagógico do conteúdo na área de ensino em sistemática filogenética deveria ter sido realizada com antecedência e tempo para professora e bolsistas, entretanto, os materiais foram apresentados em um encontro com duração de cerca de 40 minutos uma semana antes da aula. Após os materiais e suas instruções de uso terem sido discutidas, professora e bolsistas decidiram pelo preparo de duas aulas: uma para com o kit e outra para aplicação do jogo.

Para a avaliação da funcionalidade e aceitação dos materiais e aplicações, optou-se por fazer uma avaliação qualitativa. Para tal, foi realizada: (1) observação em sala de aula pelo proponente; (2) entrevista semi-estruturada em grupo com a professora e

as bolsistas PIBID sobre o material e seu uso após as aplicações e (3) questionário online ("*Google forms*") enviado por e-mail para as mesmas. Este questionário visou complementar algumas questões não abordadas na entrevista em função do pouco tempo disponível na ocasião (APÊNDICE F).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Primeiro encontro - apresentação do material

Já no primeiro encontro, para a apresentação do material, as bolsistas PIBID se mostraram muito interessadas com o mesmo e disseram que de fato o recurso facilitava o entendimento de um cladograma. Uma outra observação interessante das licenciandas foi a respeito do tamanho reduzido do kit, permitindo seu fácil transporte e armazenamento pelo professor. Na oportunidade, foram tiradas dúvidas das bolsistas PIBID e da professora sobre o assunto.

2. Segundo encontro - Aplicação do kit para montagem de cladogramas tridimensionais "Construindo a árvore da vida"

Embora o material tenha sido aplicado em duas turmas diferentes e as entrevistas e questionário estarem relacionados à aplicação em ambas as turmas, a observação pelo proponente se deu em apenas uma delas.

No dia da aula, professora e bolsistas haviam preparado um roteiro de aula prática utilizando o kit, algo bastante positivo, pois elas conseguiram incorporar o kit didático à sua prática docente. O roteiro trazia uma introdução sobre o tema, além de uma matriz a ser preenchida pelos alunos com informações sobre diferentes organismos (lampréia, sapo, jabuti, canguru, ser humano, raia e coelho). Com base nesta matriz, cada grupo deveria montar um cladograma tridimensional para os sete organismos, posicionando corretamente onde surgiram as características presentes na matriz. Antes que os grupos comesçassem, a professora fez uma demonstração da forma como os alunos deveriam proceder na montagem do cladograma, enrolando as

hastes dos diferentes grupos e separando-as quando necessário, e ali incluindo o surgimento das características. A seguir, os grupos completaram a matriz, montaram o cladograma, e, para finalizar a tarefa, fizeram a representação em desenho do mesmo no relatório da aula prática proposto pela professora.

Os alunos se envolveram com o material, permanecendo após o término da aula para acabar de montar seu cladograma. A professora comentou que isso não é comum, pois normalmente, quando o sinal toca, eles saem correndo para o almoço. Uma bolsista PIBID comentou no questionário que nunca havia visto alunos destas turmas ficarem após o término da aula, o que demonstra claramente o interesse gerado pelo material. Ou seja, os alunos mostraram, em termos de resposta ao material, além de disposição também satisfação em realizar as atividades propostas. Os estudantes demonstraram receptividade ao material e conseqüentemente ao conteúdo abordado. É importante salientar que quando a mediação pedagógica possibilita ao aluno apropriar-se com sucesso do objeto de estudo aumentam-se as possibilidades de se obter uma resposta afetiva positiva desse aluno ao conteúdo (LEITE, 2012). Considerando-se a importância atual dos cladogramas no ensino de biologia, o desenvolvimento dessa resposta positiva ao conteúdo é altamente desejável.

Por outro lado, apesar do grande interesse em construir o cladograma, os alunos demonstraram dificuldades em completar a matriz, uma vez que havia termos relacionados às características dos organismos que eles desconheciam e eles tiveram dúvidas de como transferir as informações da matriz para o cladograma. As dúvidas dos alunos foram atendidas pela professora e pelas bolsistas PIBID, que auxiliaram os grupos com as dificuldades encontradas à medida que iam aparecendo.

Acreditamos, entretanto, que há dois aspectos importantes a serem considerados com relação às dificuldades encontradas pelos alunos. O primeiro é como começar o trabalho com os cladogramas, ou seja, pela sua construção (a partir de uma matriz, como foi abordado pela professora) ou sua interpretação (usando um cladograma pronto)?. Esse assunto já foi alvo de alguns estudos (EDDY et al., 2013;

HALVERSON, 2011; KUMMER, 2017). Halverson (2011) conclui em seu trabalho que os alunos devem desenvolver habilidades de interpretação antes das habilidades de construção de árvores. Os resultados de Kummer (2017) apontam na mesma direção, uma vez que ele encontrou que atividades de construção de cladogramas dificultam a compreensão dos estudantes. Eddy e colaboradores (2013), por sua vez, encontraram um resultado oposto, onde alunos que realizaram uma atividade de construção de cladogramas tiveram resultados melhores nas avaliações realizadas do que os alunos que trabalharam apenas com atividades de interpretação de cladogramas.

A forma de se abordar um conteúdo é uma escolha pessoal do profissional do ensino, e na realização desta escolha, é importante o conhecimento pedagógico do conteúdo (SHULMAN, 1986), conhecimento este que se baseia em pesquisas acadêmicas e também na experiência do professor, a qual Shulman denomina "sabedoria da prática". Assim, acreditamos que esta é uma escolha do professor, de acordo com sua experiência com a construção e interpretação de cladogramas e também em função do tempo disponível para se trabalhar o conteúdo.

O segundo aspecto é a dificuldade que os alunos tiveram com relação às características dos grupos. As dificuldades encontrada pelos alunos poderiam ter sido minimizadas usando-se a sugestão de uso do material, de começar a abordagem das árvores filogenéticas representando os táxons por letras, e as características por números por exemplo. Assim, o aluno pode se concentrar na informação nova que é a montagem de um cladograma e não em características que ele ainda desconhece, ou que já conhece mas não se lembra. Além disso, uma dificuldade ao se começar a estudar a sistemática filogenética como ferramenta para a organização dos seres vivos é que estamos acostumados a organizar elementos da nossa vida diária com base nas semelhanças entre elas. Na sistemática filogenética, entretanto, a organização dos seres vivos se dá em função de graus de parentesco, o que não necessariamente é sinônimo de organismos mais semelhantes entre si. Quando o aluno tenta interpretar o cladograma, a tendência é que seus conhecimentos prévios acerca dos grupos se sobressaíam ao seu novo conhecimento sobre como interpretar um cladograma (NOVICK, 2014). Assim,

espera-se que o uso de letras ou de organismos desconhecidos minimize a tendência de o aluno tentar interpretar o cladograma tomando por base seus conhecimentos prévios.

Segundo Leite (2012, p. 364), "Atividades bem escolhidas e adequadamente desenvolvidas, sem dúvida, aumentam as chances do aprendizado com sucesso por parte do aluno e a consequente relação afetiva de aproximação entre o aluno e o conteúdo." Assim, estar ciente e atento às questões apresentadas acima é importante para minimizar os problemas na aplicação da atividade uma vez que, apesar da motivação gerada pelo material, se a sensação do aluno ao final da aula for de fracasso, a tendência pode ser a de afastamento afetivo com o conteúdo (LEITE, 2012). Nessa perspectiva, acreditamos que seria interessante a inserção do material também na formação inicial de professores, como forma de auxiliar os mesmos a compreender a filogenia, mas também como forma de discutir aspectos pedagógicos relacionados especificamente ao ensino do pensamento filogenético.

Na entrevista realizada logo após a aula, uma das bolsistas comentou que os alunos ficaram atraídos pelas cores e pela possibilidade de manuseio do material. Tal fato também pode ser observado pela proponente no acompanhamento da aula. Diversos alunos perguntaram quem havia elaborado o material pois gostaram do mesmo, usaram expressões como "Nossa, deve ter dado trabalho!" e "Que legal!", e ainda tiraram fotos. Donaven (2013) já havia mostrado ganhos quantitativos na aprendizagem relacionados à presença de cor nos modelos tridimensionais para o ensino do pensamento filogenético quando comparado a modelos semelhantes monocromáticos. O presente trabalho, com abordagem qualitativa, mostra também uma resposta afetiva positiva gerada pelo material.

A professora relatou ser seu primeiro ano trabalhando o tema sistemática filogenética, pois nos anos anteriores lecionava no ensino fundamental. Embora ela não tenha visto o conteúdo específico em sua formação, ela aponta no questionário a importância da sistemática filogenética para se compreender a biologia e considera muito importante trabalhar o assunto no ensino médio. Esta compreensão da importância do tema para o ensino da biologia é um dos aspectos do que Shulman

(1986) denomina conhecimento da matéria ensinada. Assim, embora a professora não tivesse *a priori* um conhecimento da matéria ensinada 'sistemática filogenética', é uma profissional que tem conhecimento da matéria ensinada 'biologia' e, assim, ao reconhecer a importância e centralidade do conceito da evolução para o ensino da biologia, é capaz de reconhecer a importância da sistemática filogenética no ensino de biologia. A professora mostrou-se interessada no assunto, consciente da importância do mesmo e disposta a estudar e adquirir novas informações para preparar suas aulas. Para ela, a maior dificuldade em se trabalhar sistemática filogenética é que os alunos acham o assunto muito difícil. Essa dificuldade dos alunos aparece em Lopes e Vasconcelos (2014) como justificativa de 50% dos professores entrevistados que não abordam filogenia.

Já as bolsistas PIBID relataram que o conteúdo foi abordado em sua formação, mas apontaram dificuldades de compreensão do assunto. As três entrevistadas caracterizaram a sistemática filogenética um assunto difícil porém fascinante. Duas das três bolsistas PIBID, alunas finalistas do curso de licenciatura em Ciências Biológicas, apontaram que seus maiores problemas em abordar o assunto são as dificuldades dos alunos e delas próprias com o tema. Ainda assim, todas consideraram o assunto importante de ser abordado desde o ensino médio. Lopes e Vasconcelos (2014) encontraram, de forma semelhante, que, embora os professores considerem o assunto importante, muitos deles deixam de trabalhar o mesmo em sala de aula devido às suas próprias dificuldades com o assunto.

Lopes e Vasconcelos (2012) levantam que a dificuldade do professor com o assunto pode ter efeitos negativos no ensino de sistemática filogenética, e um deles é o professor trazer concepções errôneas para a sala de aula. Neste caso, pela distribuição espacial das bolsistas PIBID no momento das aulas, não foi possível avaliar se estas trouxeram erros conceituais em suas falas, mas a professora, mesmo sem ter tido uma base no assunto em sua formação inicial, trouxe conceitos abordados de forma precisa e clara para os alunos, o que foi bastante positivo.

O material desenvolvido, além do uso de hastes conforme já proposto por Halverson (2010) e Donaven (2013), traz como novidade a possibilidade de nomear ou ilustrar

os táxons assim como a possibilidade de inserir as sinapomorfias (características compartilhadas entre os integrantes do grupo e derivadas de um ancestral comum) de cada grupo. A possibilidade de identificação dos táxons traz maior proximidade com aquilo que o estudante já conhece, os seres vivos, ajudando na motivação dos alunos. Tal possibilidade já havia sido sugerida por Halverson (2010) em seu trabalho mas de forma pouco clara sobre como fazer esta identificação. A outra novidade do presente material é o trabalho com os caracteres dos grupos, sendo possível trazer as sinapomorfias dos mesmos o que, segundo Novick e colaboradores (2010) é de grande importância para a compreensão dos cladogramas. Com estas duas novidades, o material aqui apresentado ajuda na aquisição de uma importante habilidade ao se trabalhar com sistemática filogenética, que é a de determinar as características de um determinado táxon uma vez apresentado onde surgiram as características ao longo do tempo (MEIR, 2007).

Nas entrevistas, foram feitas algumas considerações sobre alguns problemas relacionados à estrutura física do kit:

(1) Algumas pontas dos elásticos se soltaram das hastes, pois eram presas apenas por fita isolante - o problema foi corrigido com a curvatura do arame nas duas pontas sobre o elástico (conforme indicado na metodologia), promovendo uma melhor fixação.

(2) Os cartões dos táxons para escrita, que inicialmente foram feitos com reaproveitamento de material plastificado rígido, escorregaram, se soltando com facilidade dos cliques, além de serem difíceis de serem apagados, ficando manchados mesmo depois de apagados com álcool gel - para resolver este problema, sugerimos a confecção dos cartões dos táxons apenas com papel cartão recortado (para escrita do nome ou letra referentes aos táxons) ou a impressão das imagens de organismos em papel sulfite comum, e a sua plastificação com papel adesivo ou fita adesiva larga.

De forma geral, foram considerados como aspectos positivos do material seu tamanho reduzido e o fato de ser leve, o que facilita o seu transporte e armazenamento. O material foi de fácil manuseio para alunos e professor, e

apresentou boa resistência, especialmente depois das alterações realizadas no modelo tridimensional inicial. Outro aspecto é que a dinâmica de uso dos materiais não demanda estrutura de laboratório nem de equipamentos.

O manuseio do material estimulou a participação dos alunos e lhes permitiu assimilar aspectos importantes para a compreensão dos cladogramas, como a rotação dos eixos, a existência de inúmeros cladogramas equivalentes entre si e a inexistência de correlação entre distância de táxons no cladograma e a sua relação de parentesco. A compreensão pelo aluno desses elementos de base no estudo da filogenia podem contribuir para um maior interesse no assunto, facilitando a sua assimilação ainda no ensino médio. Por sua vez, a compreensão da filogenia tem o potencial de promover o estabelecimento de relações afetivas positivas com o conteúdo de Biologia uma vez que a organização lógica de conteúdos pode reduzir as possibilidades de fracasso dos alunos (LEITE, 2012).

3. Aplicação do jogo didático "Quiz árvore da vida"

O jogo foi aplicado com modificações realizadas pela professora. O material tem a intenção de ser o mais adaptável possível, e neste sentido, possibilitar modificações por parte do professor quando este julgar que a forma apresentada não se adequa ao perfil da sua turma por exemplo. Assim, vimos de forma positiva as alterações realizadas e apresentaremos aqui de forma breve as mesmas, como sugestão de forma alternativa de se jogar.

As modificações realizadas na proposta apresentada foram: (1) elaboração de questões no formato de verdadeiro ou falso; (2) uso do jogo como um meio para conseguir peças para montagem de um cladograma tridimensional utilizando-se o kit "Construindo a árvore da vida".

A justificativa dada pela professora para tais alterações foram: (1) as questões abertas, como apresentadas originalmente, poderiam gerar discórdia entre os alunos no momento de correção e (2) o jogo terminaria muito rápido devido ao pequeno número de casas do jogo. Assim, de forma geral, alguns aspectos do jogo original

foram mantidos e outros modificados, conforme será apresentado a seguir. Essas alterações no jogo são desejadas, e são resultado de outros tipos de conhecimentos do professor descritos por Shulman (1987), que envolvem a adaptação do conteúdo levando-se em consideração as características dos alunos e o contexto.

Assim, na modificação do jogo proposta pela professora, os dois materiais desenvolvidos (kit e jogo) foram utilizados simultaneamente, sendo que o êxito no jogo dava acesso à montagem do cladograma, e o objetivo final passou a ser a montagem de um cladograma tridimensional. A professora desenvolveu suas próprias perguntas, mais alinhadas com o conteúdo que havia sido ministrado nas aulas teóricas (como sugerido originalmente no jogo). As perguntas, no formato verdadeiro ou falso, foram apresentadas como slides em uma televisão. A turma foi dividida em duas equipes, sendo uma que jogava e outra que corrigia as respostas (também como sugerido originalmente no jogo). Entretanto, a equipe que corrigisse errado não voltava um nó (como sugerido originalmente no jogo), e sim apenas não se movia. A cada acerto, a equipe jogando ganhava uma peça da árvore tridimensional (cartão de característica ou uma haste com um organismo). A cada 4 questões acertadas pela equipe, esta chegava ao ápice do cladograma e, ao responder a quinta questão, a equipe voltava ao início do jogo, ganhando uma dica escrita sobre um dos táxons do cladograma para ajudar na resolução e montagem do cladograma tridimensional. O objetivo final do jogo era, portanto, após juntar 4 hastes com nomes dos táxons e 4 características, montar o cladograma para estes táxons propostos.

Segundo relato da professora e bolsistas PIBID, os resultados foram bem diferentes nas duas turmas devido à interação diferenciada entre os alunos. Na primeira turma, onde os alunos interagiram menos, o jogo demorou mais tempo e as equipes não conseguiram juntar as peças necessárias para a conclusão do jogo. Na segunda turma, as duas equipes conseguiram reunir as peças, mas tiveram muita dificuldade de montar o cladograma, pois esta atividade era feita simultaneamente às respostas do jogo. No questionário, a professora aponta o envolvimento dos alunos, tanto com o kit como com o jogo, como maior do que o normal. Já as bolsistas PIBID apontaram como menor do que o normal, provavelmente devido aos alunos que

ficaram sem participar. Assim, embora o jogo convide os alunos para a interação, nem todas as turmas terão o mesmo envolvimento com as atividades sugeridas pelo professor. É interessante, neste momento, que o professor saiba fazer uso do seu conhecimento sobre seus alunos para adequar o jogo da melhor forma possível. Shulman (1987) compara essa etapa de adaptação do conteúdo à alfaiataria, onde uma determinada roupa feita para um público geral é ajustada para um cliente específico.

Pôde-se observar, e foi também levantado pela professora e bolsistas PIBID, que dividindo-se a turma em apenas duas equipes ficaram muitos alunos por equipe, o que ocasionava o não envolvimento de alguns durante o jogo. Entretanto, um aumento no número de equipes dentro desta proposta de jogo elaborada pela professora seria inviável, pois cada equipe demoraria mais para conseguir as peças necessárias à montagem do cladograma e assim o jogo não seria finalizado. Desta forma, embora a proposta da professora tenha sido muito interessante, unindo os materiais e sendo extremamente dinâmica, ela seria mais viável para uma aula com dois horários, pois com mais tempo de aula a turma poderia ser dividida em mais grupos e cada um ter tempo de coletar as peças e montar o cladograma.

Para uma aula apenas, sugerimos a proposta original do jogo, mas dividindo a turma em equipes com número de alunos que facilite a interação entre eles (podem ser duas equipes se a turma for pequena). O número de equipes também precisa levar em consideração o ambiente a ser usado para a atividade, sendo que a realização da atividade em espaço aberto, com os alunos sentados em roda, pode viabilizar a interação e discussão mesmo em grupos grandes, enquanto salas cheias de carteiras dificultam a interação até para grupos menores. Mudando-se o número de equipes para mais de duas, deve-se alterar a dinâmica do jogo de forma que a cada rodada uma equipe responde e as demais corrigem. Os peões precisam ter dimensões pequenas neste caso, para poder caber o peão de todas as equipes diferentes em um mesmo nó, e o tamanho do velcro deve levar em consideração o tamanho dos peões. Acreditamos que com o aumento do número de equipes, e com a regra de voltar um nó quando se corrige uma resposta errada, o jogo possibilita uma maior discussão entre os integrantes do grupo. Além disso, com um tempo

maior para cada questão, eles teriam mais tempo para discutir as respostas, o que possibilitaria um jogo dinâmico.

As perguntas do jogo são uma forma de o professor poder avaliar as dificuldades e trazer, no momento da correção, os elementos para os alunos melhorarem a sua compreensão do assunto, neste caso, como funciona a lógica de interpretação dos cladogramas. A proposta do jogo como metodologia de avaliação pressupõe uma avaliação contínua da aprendizagem, em que os resultados permitam ao professor efetuar os ajustes necessários para que ocorra a aprendizagem dos alunos (VIEIRA; SFORNI, 2010). Desta forma, sugerimos o uso do jogo como uma ferramenta de avaliação diagnóstica, onde cada resposta dada pelos grupos sirva como um potencial indicativo para as dificuldades dos educandos de forma a potencializar o ensino. Este objetivo foi atingido na dinâmica de aplicação do jogo, onde a professora soube aproveitar os erros dos grupos nas respostas às questões de forma construtiva, explicando qual era o erro e tirando as dúvidas dos alunos.

O jogo tem uma proposta de ser cooperativo e de trazer todos os alunos a pensarem juntos nas respostas, o que pôde ser observado nos alunos que participaram, ainda que nem todos os alunos tenham participado devido ao grupo muito grande. A alteração no número de grupos deve melhorar o envolvimento dos alunos e melhorar a dinâmica de interação entre os alunos. Desta forma, pretende-se ter um jogo que se alinhe com a natureza ampla do estudo da evolução e sistemática filogenética, que deve perpassar, preferencialmente, todo o conteúdo de biologia.

Considerações finais

Tanto o kit tridimensional quanto o jogo despertaram o interesse dos alunos, que se envolveram no assunto. Os materiais tiveram boa aceitação, tanto por parte da professora e bolsistas PIBID, como por parte dos alunos de ambas as turmas. A demanda do PIBID pelo material traduz a importância do programa na transferência de pesquisas e materiais sendo elaborados na academia para a sala de aula. Os bolsistas PIBID, estando inseridos simultaneamente nos dois ambientes são uma

boa ponte de conhecimentos.

Um aspecto do material, que na verdade é uma limitação de qualquer recurso didático, é que o mesmo sozinho não dá conta de ensinar o aluno. Ele é apenas um elemento de estímulo, um facilitador para o professor trabalhar o tema, porém de nada adianta se o professor não tiver uma base no assunto e não se sentir seguro em abordá-lo em sala de aula. Neste sentido, propõe-se que o material seja apresentado aos professores e também a alunos de licenciaturas em Ciências Biológicas dentro de processos de formação inicial e continuada, onde se trabalhem conceitos básicos de sistemática filogenética, além de mostrar as potencialidade do material e de se discutir a importância da abordagem do tema ainda no ensino médio.

Frente à escassez de materiais didáticos para se trabalhar a sistemática filogenética apontada por alguns autores como um dificultador para se trabalhar o tema, consideramos o material aqui apresentado um ponto de partida para aumentar o interesse dos professores e futuros professores e conseqüentemente dos alunos da educação básica a respeito do tema.

Referências

- ALMEIDA, P. C. A.; BIAJORNE, J. Saberes docentes e formação inicial de professores: implicações e desafios para as propostas de formação. **Educação e pesquisa**, São Paulo, v. 33, n. 2, p.281-295, maio/ago. 2007.
- AMORIM, D. S. Paradigmas pré-evolucionistas, espécies ancestrais e o ensino de Zoologia e Botânica. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. -, n. 36, p.125-150, jun. 2008.
- BAUM, D. A.; OFFNER, S. Phylogenics & Tree-Thinking. **The American Biology Teacher**, v. 4, n. 70, p.222-229, Apr. 2008.
- BAUM, D. A.; SMITH, S. D.; DONOVAN, S. S. S. Evolution: The Tree-Thinking Challenge. **Science**, v. 310, n. 5750, p. 979-980, Nov. 2005.
- BLACQUIERE, L. D.; HOESE, W. J.. A valid assessment of students' skill in determining relationships on evolutionary trees. **Evolution: Education and Outreach**, v. 9, n. 1, p.1-12, 23 May 2016.
- BOYCE, C. J. **Investigating how students communicate tree-thinking**. 2015. 175 f. Tese (Doutorado em "Philosophy") - University of Southern Mississippi, Mississippi.
- COSTA, L. O. **A classificação biológica nas salas de aula: modelo para um jogo didático**. 2012. 106 f. Dissertação (Mestrado profissional em "Ensino em biociências e saúde") - Curso de Pós-graduação em Ensino em Biociências e Saúde, Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2012.
- COUTINHO, C.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. Estimulando o "pensamento em árvore" em alunos de ensino médio: potencial de contribuição dos livros didáticos de biologia. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p.326-336, dez. 2014.
- COSWOSK, J. A. **A sistemática filogenética como ferramenta de ensino dos conceitos evolutivos**. 2014. 154 f. TCC (Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas) - Centro Universitário Norte do Espírito Santo, São Mateus, ES, 2014.
- DEES, J. et al. Student Interpretations of Phylogenetic Trees in an Introductory Biology Course. **CBE Life science Education**, v. 13, n.4, p. 666-676, 2014.
- DONAVEN, M., Using manipulative trees to develop tree-thinking. 2013. **Honors Theses**. The University of Southern Mississippi. 159 p. 2013
- EDDY, S. L. et al. How should we teach tree-thinking? An experimental test of two hypotheses. **Evolution: Education and outreach**, v. 6, n. 13, p.1-11., 2013

FERREIRA, F. S. et al. A zoologia e a botânica do ensino médio sob uma perspectiva evolutiva: uma alternativa de ensino para o estudo da biodiversidade. **Caderno de Cultura e Ciência**, Crato, v. 2, n. 1, p.58-66, abr. 2008.

FREITAS, O. Equipamentos e materiais didáticos. Brasília : Universidade de Brasília. 2007. 132 p.

HALVERSON, K. L. Using pipe cleaners to bring the tree of life to life. **American Biology Teacher**, v. 74, n. 4, p. 223-224, Apr. 2010

HALVERSON, K.L. Improving Tree-Thinking One Learnable Skill at a Time. **Evolution: Education and outreach**, v. 4 n. 1, p. 95-106. 2011.

KUMMER, T. A., Assessing and Improving Student Understanding of Tree-Thinking. All Theses and Dissertations. 6276. 2017 Disponível em: <<https://scholarsarchive.byu.edu/etd/6276>>

LEITE, S. A. S. Afetividade nas práticas pedagógicas. **Temas em Psicologia**, vol. 20 n. 2. p. 355-368, dez. 2012. [Acesso em: 23 de fevereiro de 2019]. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=513751440006>

LOPES, W. R.; VASCONCELOS, S. D. Representação e distorções conceituais do conteúdo “filogenia” em livros didáticos do ensino médio. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p.149-165, dez. 2012.

LOPES, W. R.; VASCONCELOS, S. D. Sistemática Filogenética no ensino médio: uma reflexão a partir das concepções de alunos e professores da rede pública de Pernambuco, Brasil. **Revista de Educación en Biología**, [S.l.], v.17, n.1, p.38-54, jan. 2014.

MEIR E, et al. College students’ misconceptions about evolutionary trees. **American Biology Teacher**, v. 69, n. 7, p.71–76, Sept. 2007.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (Brasil). **PIBID - Apresentação, 2018**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/pibid>>. Acesso em: 23 fev. 2019

NOVICK, L. R. et al. Characters Are Key: The Effect of Synapomorphies on Cladogram Comprehension. **Evolution: Education and Outreach**, [S.l.], v.3, n.4, p. 539-547. 2010.

NOVICK, L. R.; CATLEY, K. M. When Relationships Depicted Diagrammatically Conflict with Prior Knowledge: An Investigation of Students’ Interpretations of Evolutionary Trees. **Science Education**, v. 98, n. 2, p. 269-304. 2014

O'HARA, R. J. Population thinking and tree thinking in systematics. **Zoologica Scripta**, [S.I.] v. 4, n. 26, p.323-329, Oct. 1997.

RIGATO, E.; MINELLI, A. The great chain of being is still here. **Evolution: Education and Outreach**, [S.I.], v. 6, n. 18, p.18-23, Dec. 2013.

RODRIGUES, M. E.; JUSTINA, L.A.D; MEGLHIORATTI, F.A., O conteúdo de sistemática e filogenética em livros didáticos do ensino médio. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 2, p.13-23, nov. 2011.

SANDVIK, H. Tree thinking cannot taken for granted: challenges for teaching phylogenetics. **Theory in Biosciences**, [S.I.], v. 127, n. 1, p.45-51, feb. 2008.

SANTOS, C. M. D.; CALOR, A. R.. Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética. **Ciência & Ensino**, São Paulo, v. 1, n. 2, p.1-8, jun. 2007.

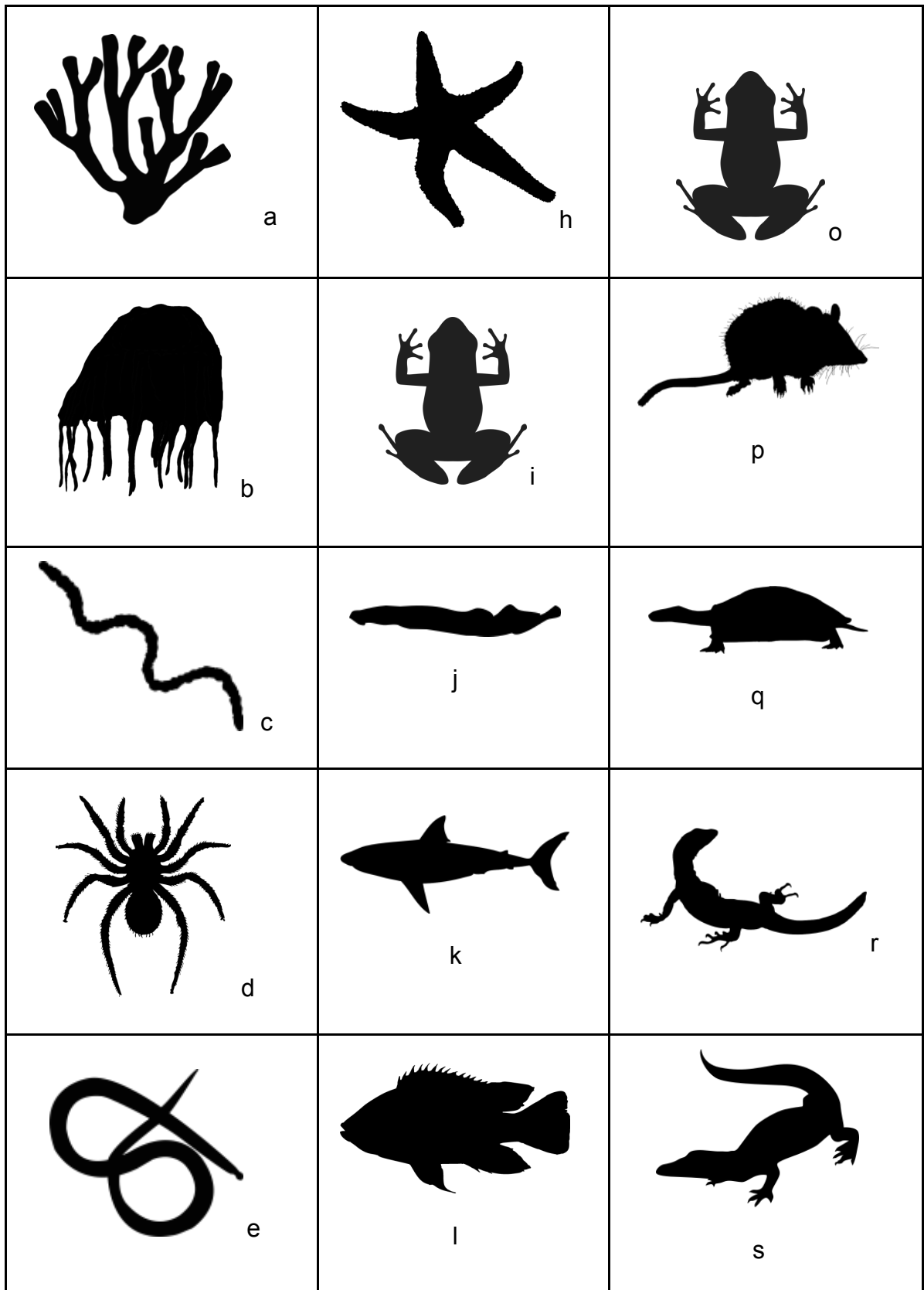
SHULMAN, L. S. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. **Educational Researcher**, v.15, n.2, p.4-14, Feb. 1986.

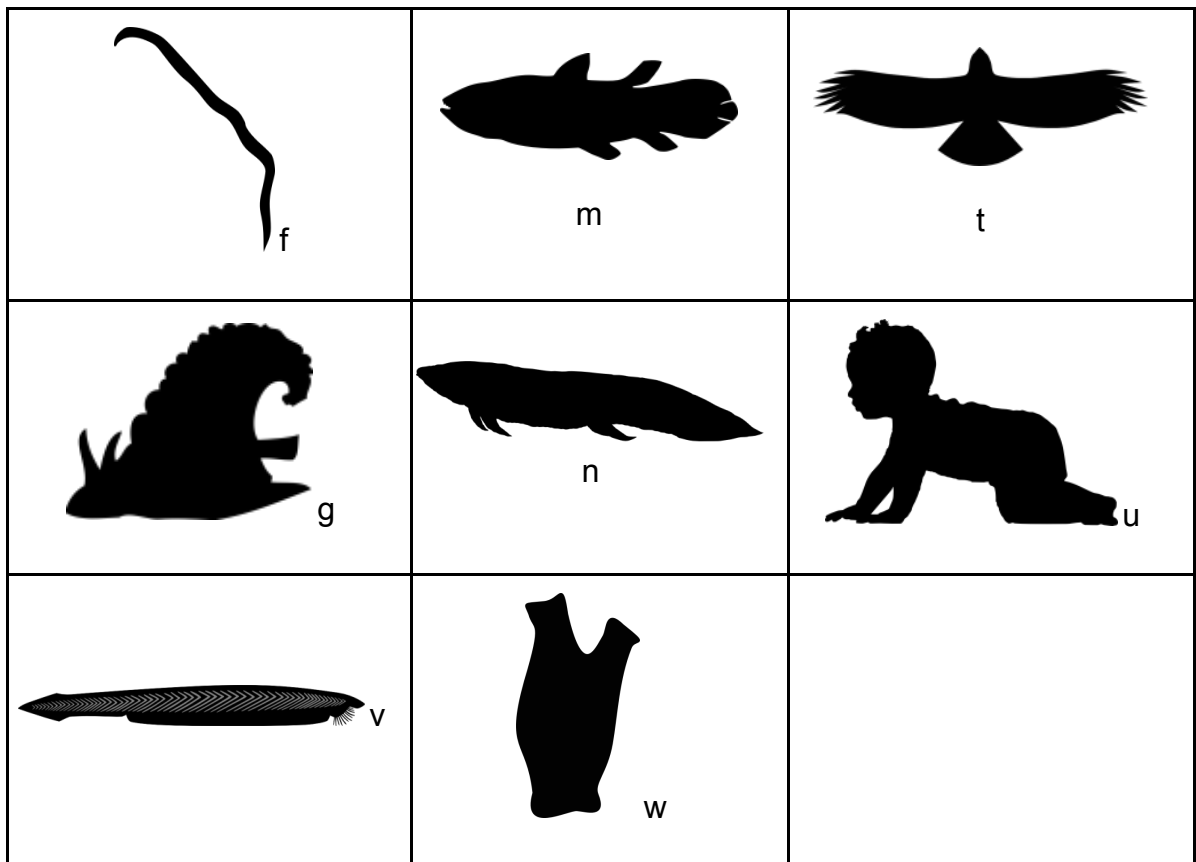
SHULMAN, L. S. Knowledge and teaching: foundations of the new reform. **Harvard Educational Review**, v. 57, n.1, p. 1-22. 1987.

SMITH, J. J.; CHERUVELIL, K. S. Using Inquiry and Tree-Thinking to “March Through the Animal Phyla”: Teaching Introductory Comparative Biology in an Evolutionary Context. **Evolution: Education and Outreach**, [S.I.], v. 2, n. 3, p. 429-444, Jul. 2009.

VIEIRA, V. A. M. A.; SFORNI, M. S. F. Avaliação da aprendizagem conceitual. **Educar em Revista**, Curitiba, v. -. n. especial 2, p. 45-58. 2010.

APÊNDICE A





Imagens retiradas do site <http://phylopic.org> (a licença de uso para cada imagem pode ser encontrada abaixo)

a - Porifera

Mali'o Kodis, photograph by Derek Keats
(<http://www.flickr.com/photos/dkeats/>)

Não alterado - Licença
(<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>)

b - Cnidaria M.

Garfield & K.

Anderson (modified by T. Michael Keeseey)

Não alterado - Licença
(<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>)

c - Platyhelminthes

Christopher Laumer (vectorized by T. Michael Keeseey)

Não alterado - Licença
(<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>)

d - Arthropoda

domínio público

e - Nematoda

Michelle Site

Não alterado - Licença
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>)

f - Annelida

Birgit Lang, based on a photo by D.

Não alterado - Licença
(<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)

g - Mollusca

Stanton F. Fink (vectorized by T. Michael Keeseey)

Não alterado - Licença
(<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>)

ons.org/licenses/by-sa/3.0/)

h - Echinodermata

Hans Hillewaert
(photo) and T.
Michael Keeseey
(vectorization)

Não alterado -
Licença
(<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)

i - Chordata

Pedro de Siracusa

Não alterado -
Licença
(<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)

j - Peixes sem mandíbulas

Gareth Monger

Não alterado -
Licença
(<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>)

k - Peixes cartilaginosos

Steven Traver

Domínio público

l - Peixes de nadadeiras raiadas

Milton Tan

Não alterado -

Licença
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>)

m - Peixes de nadadeiras lobadas

Yan Wong

Domínio público

n - Peixes pulmonados

T. Michael Keeseey
(after Heinrich Harder)

Domínio público

o - Anfíbios

Pedro de Siracusa

Não alterado -
Licença
(<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)

p - Mamíferos

Robbi Bishop-Taylor

Domínio público

q - Tartarugas

Scott Hartman

Não alterado -
Licença
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>)

r - Lagartos

Steven Traver

Domínio público

s - Crocodilos

B Kimmel

Domínio público

t - Aves

Shyamal

Não alterado -
Licença
(<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>)

u - Homem (para ser usado como Chordata ou mamífero)

Andrew A. Farke

Não alterado -
Licença
(<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>)

v - Cefalocordado

Yan Wong from
illustration by Jules
Richard (1907)

Domínio público

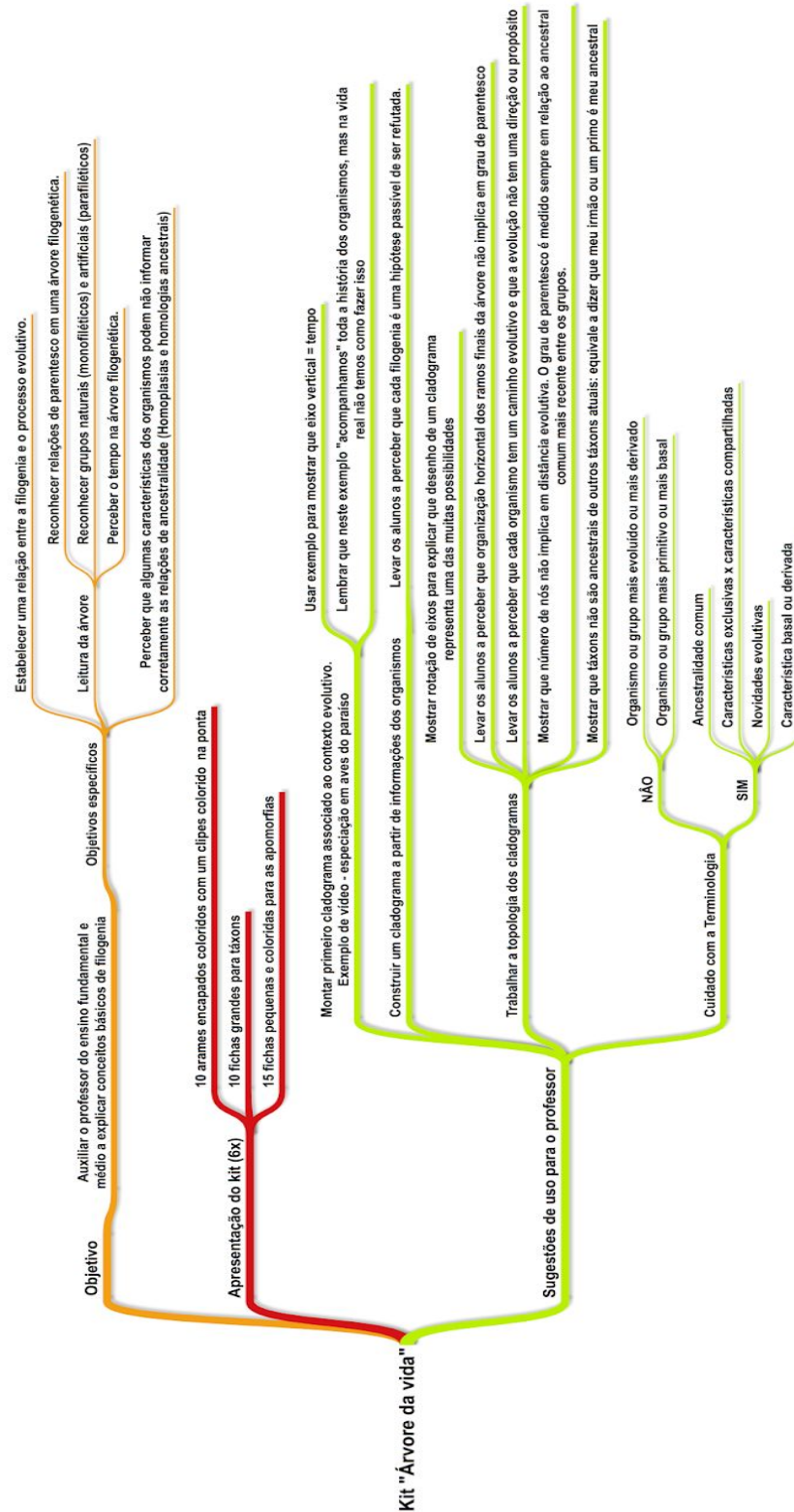
w - Urocordado

Michelle Site

Não alterado -
(Licença
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>)

APÊNDICE B*

*Recomenda-se imprimir em papel tamanho A3 para adequada visualização.



APÊNDICE C

“Quiz árvore da vida”

Perguntas e gabarito

Conceitos gerais

“Quiz árvore da vida” - Conceitos gerais

Perguntas relacionadas ao cladograma do tabuleiro do jogo

1. Os táxons terminais M e K apresentam asas, baseando-se nesta importante característica compartilhada por eles foi criado um grupo para unir os dois táxons chamado de MAKKA. MAKKA é um agrupamento natural ou artificial?
2. “A é um táxon mais primitivo que N”. Afirmação é Verdadeira ou Falsa ? Explique.
3. “O táxon B é igualmente aparentado aos táxons A e C”. Afirmação é Verdadeira ou Falsa ? Explique.
4. “F, G, H e I podem ser agrupados devido à sua proximidade filogenética formando um agrupamento natural”. Afirmação é Verdadeira ou Falsa ? Explique.
5. “K, L, M e N” podem ser agrupados devido à existência de um ancestral comum a todos eles. É correto afirmar que este se trata de um agrupamento natural (monofilético)?
6. Monte , com seu kit “Árvore da vida” o cladograma que mostra a história evolutiva comum aos táxons A -G.
7. Aponte no cladograma onde se encontra o ancestral comum e exclusivo aos táxons H, I e J.
8. Aponte no cladograma onde se encontra o ancestral comum aos táxons F, G, H e I.
9. Em um determinado período, ocorreu uma grande glaciação que extinguiu algumas espécies. Segundo o cladograma quais são as espécies encontradas

apenas no registro fóssil?

10. Elabore uma pergunta envolvendo o cladograma do jogo para a equipe adversária. Não se esqueça de pensar também na resposta!

11. Foi descoberto que a espécie **C** produz uma substância que combate células cancerosas. Essa espécie, porém é muito rara e nunca se conseguiu criá-la em cativeiro. Existem recursos para pesquisar outras espécies que possam produzir a mesma substância. Qual espécie você sugeriria para a pesquisa?

Jogo “Árvore da vida” - Conceitos gerais

Gabarito

1. Os táxons terminais M e K apresentam asas, baseando-se nesta importante característica compartilhada por eles foi criado um grupo para unir os dois táxons chamado de MAKKA. MAKKA é um agrupamento natural ou artificial?
R1. <i>O agrupamento formado pelos táxons M e K representa um grupo ARTIFICIAL, uma vez que agrupa descendentes de diferentes táxons ancestrais. É um grupo que exclui descendentes do ancestral comum aos dois táxons.</i>
2. “A é um táxon mais primitivo que N”. Afirmação é Verdadeira ou Falsa ?
R2. <i>FALSA. nenhum táxon pode ser considerado mais primitivo ou evoluído do que outro. O que acontece é que alguns táxons retêm maior quantidade de CARACTERÍSTICAS do ancestral fazendo com que ele se pareça mais com o ancestral. Entretanto cada grupo vivo hoje sofreu mudanças ao longo do período em que divergiu do ancestral comum aos demais grupos.</i>
3. “O táxon B é igualmente aparentado aos táxons A e C”. Afirmação é Verdadeira ou Falsa ? Explique.
R3. <i>FALSA O táxon B tem uma relação de parentesco mais próxima com o táxon A pois os mesmos compartilham um ancestral comum mais recente do que os táxons B e C.</i>
4. “F, G, H e I podem ser agrupados devido à sua proximidade filogenética formando um agrupamento natural”. Afirmação é Verdadeira ou Falsa ? Explique

<p>R4. <i>Falsa. Embora estejam especialmente próximos no topo do cladograma, ao analisarmos com cuidado a história evolutiva contada pelo cladograma, podemos perceber que o agrupamento F,G,H e I representa um grupo artificial pois agrupa alguns mas não TODOS os descendentes do ancestral comum a estes grupos, ancestral este que estaria situado na base da árvore.</i></p>
<p>5. “K, L, M e N” podem ser agrupados devido à existência de um ancestral comum a todos eles. É correto afirmar que este se trata de um agrupamento natural (monofilético)?</p>
<p>R5. <i>Sim, é CORRETA a afirmação pois este conjunto de táxons apresenta um ancestral comum e exclusivo ao grupo, sendo assim considerado um grupo natural.</i></p>
<p>6. Monte, com seu kit “Árvore da vida” o cladograma que mostra a história evolutiva comum aos táxons A -G.</p>
<p>R6. <i>Várias respostas possíveis; importante ter 7 grupos (varetas), após uma história comum a todas separa em dois grupos, um com 4 e outro com 3 grupos. O grupo de 4, após uma história em comum, se separa em dois grupos de duplos (A-B) e (C-D). O grupo de 3, após uma história comum, se separa em um grupo sozinho e com a ponta dobrada indicando que ele não chega aos dias atuais (E) e um grupo duplo (F e G)</i></p>
<p>7. Aponte no cladograma onde se encontra o ancestral comum e exclusivo aos táxons H, I e J.</p>
<p>R7. <i>O ancestral comum e exclusivo de H, I e J se encontra no nó que liga os 3 táxons sobre a linha T2.</i></p>
<p>8. Aponte no cladograma onde se encontra o ancestral comum aos táxons F,</p>

G, H e I.
R8. <i>O ancestral comum aos 4 táxons se encontra no nó único situado no T4, ou seja, na base de toda a árvore. Lembrando que por este ancestral não ser exclusivo a este grupo, este é um agrupamento dito artificial.</i>
9. Em um determinado período, ocorreu uma grande glaciação que extinguiu algumas espécies. Segundo o cladograma quais são as espécies encontradas apenas no registro fóssil?
R9. <i>As espécies E e J, que não chegaram ao T0, ou seja, não chegaram aos dias atuais.</i>
10. Elabore uma pergunta envolvendo o cladograma do jogo para a equipe adversária. Não se esqueça de pensar também na resposta!
11. Foi descoberto que a espécie C produz uma substância que combate células cancerosas. Essa espécie, porém é muito rara e nunca se conseguiu criá-la em cativeiro. Existem recursos para pesquisar outras espécies que possam produzir a mesma substância. Qual espécie você sugeriria para a pesquisa?
R11. <i>A espécie D. Esta espécie compartilha um ancestral comum mais recente com a espécie C. Logo, se a produção de tal substância estava presente no ancestral comum, é possível que a espécie D também produza, ou que seja capaz de produzir, mediante ativação de genes.</i>

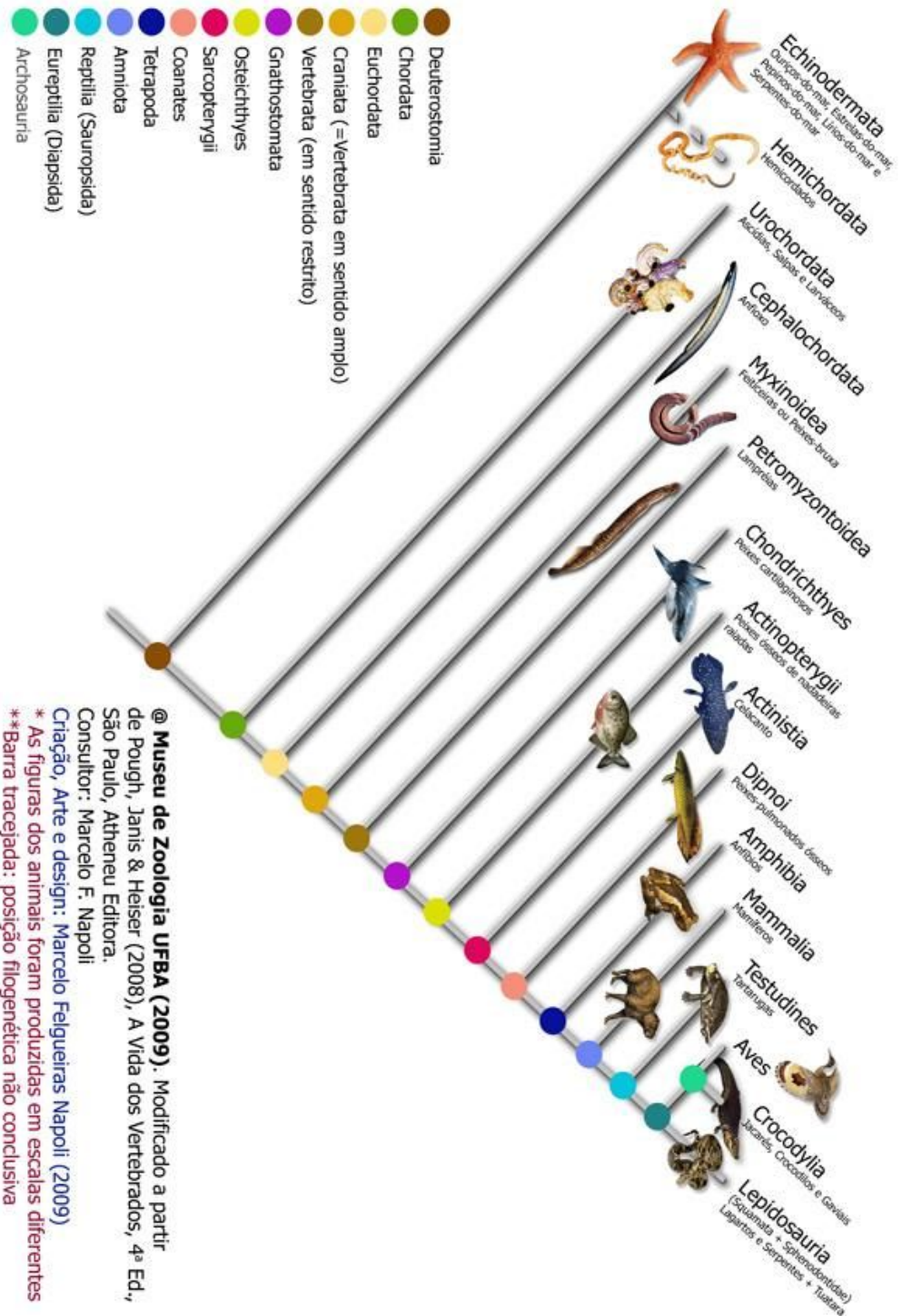
APÊNDICE D

“Quiz árvore da vida”

Cladograma, perguntas e gabarito

Deuterostomados

“Quiz árvore da vida” - Cladograma Deuterostomados



Jogo “Árvore da vida” - Deuterostomados

Perguntas

1. Usando o kit “árvore da vida” do seu grupo, monte um cladograma **diferente** mas **equivalente** ao proposto para o grupo **Tetrapoda** na imagem acima (décima bolinha).

2. **Desenhe** um cladograma **diferente** mas **equivalente** ao cladograma proposto para o grupo **Tetrapoda** na imagem acima (décima bolinha).

3. De acordo com a hipótese de relacionamento entre os deuterostomados apresentada na filogenia acima, o grupo **Agnata**, que agrupa Mixinoidea (feiticeiras ou peixe-bruxa) com Petromizontyformes (lampreias) é um grupo **natural** ou **artificial**?

4. Considerando-se que tubarões e outros peixes cartilaginosos, peixes de nadadeiras raiadas, Celacanto (peixe de nadadeiras lobadas) e Dipnoi (peixes pulmonados) são todos organismos comumente denominados “Peixe”, classifique “peixe” como um agrupamento natural ou artificial.

5. No cladograma de Deuterostomados, a sétima bolinha representa um ancestral que possuía tecidos ósseos (Ostheichthyes), de acordo com o cladograma, em quais grupos esperamos encontrar tecidos ósseos, considerando-se que nenhum grupo tenha perdido esta característica?

6. Os peixes pulmonados ósseos (Dipnoi) são mais próximos aos peixes ósseos de nadadeiras raiadas (Actinopterygii) ou aos anfíbios (Anfibia)?

7. De acordo com o cladograma acima, o grupo “Répteis”, que reúne **Crocodylia** (Jacarés, Crocodilos e Gaviais) e **Lepidossauria** (Lagartos e serpentes) é um grupo natural ou artificial? Explique.

8. É correto afirmar que um pepino do mar (**Echinodermata**) é um animal mais primitivo que um anfioxo (**Cephalocordata**)? Explique usando **uma** frase.

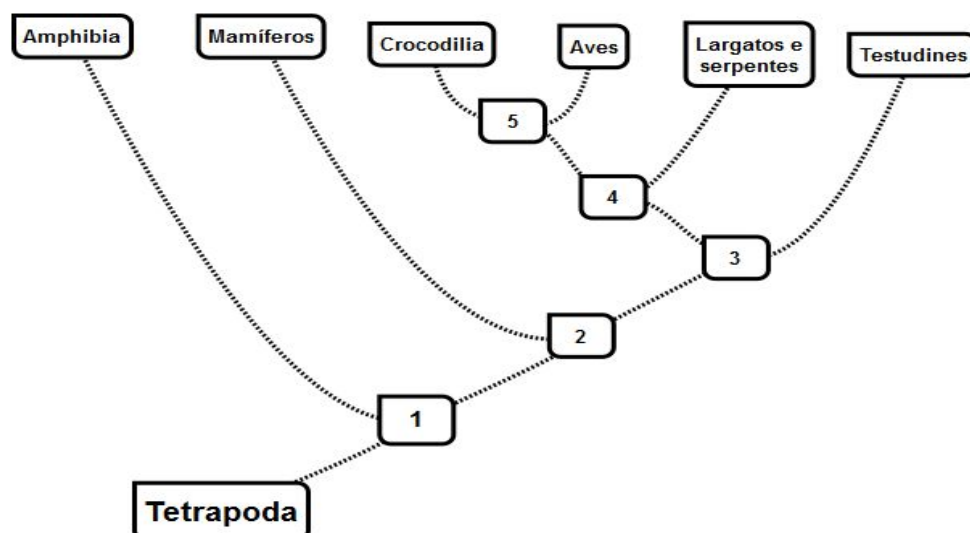
9. Segundo o cladograma acima, qual animal compartilha maior quantidade de características com um urubu, uma cobra ou um rato?

10. Considerando-se que Gnathostomata representa o ancestral que possui mandíbula e que esta característica surgiu apenas uma vez na história da vida na terra, em quais dos animais representados no cladograma acima **não** há mandíbulas?

11. Considerando-se que a válvula espiral presente no sistema digestório dos tubarões e das raias é uma **exclusividade** destes animais, mostre, no cladograma acima onde tal característica surgiu.

Gabarito

R1. São inúmeras possibilidades. Fazer usando o kit didático: A cada nó rotacionado tem-se um novo cladograma diferente mas equivalente ao pedido. Segue um exemplo para ilustrar.



R2. Igual à primeira resposta, mas no papel.

3. De acordo com a hipótese de relacionamento entre os deuterostomados

<p>apresentada na filogenia acima, o grupo agnata, que agrupa Mixinoidea (feiticeiras ou peixe-bruxa) com Petromizontyformes (lampréias) é um grupo natural ou artificial?</p>
<p>R3. <i>De acordo com a filogenia apresentada, Agnata representa um agrupamento artificial uma vez que não agrupa TODOS os descendentes do ancestral comum aos dois grupos (Mixinoidea e Petromizontyformes).</i></p>
<p>4. Considerando-se que tubarões e outros peixes cartilaginosos, peixes de nadadeiras raiadas, Celacanto (peixe de nadadeiras lobadas) e Dipnoi (peixes pulmonados) são todos organismos comumente denominados “Peixe”, classifique “peixe” como um agrupamento natural ou artificial.</p>
<p>R4. <i>“Peixes” é um agrupamento artificial pois agrupa táxons com um ancestral em comum (Gnathostomata), mas exclui todos os tetrapoda, que também são gnathostomados.</i></p>
<p>5. No cladograma de Deuterostomados, a sétima bolinha representa um ancestral que possuía tecidos ósseos (Ostheychtes), de acordo com o cladograma, em quais grupos esperamos encontrar tecidos ósseos, considerando-se que nenhum grupo tenha perdido esta característica?</p>
<p>R5. <i>Actinopterygii, Dipnoi, Amphibia, Mammalia, Testudines, Aves, Crocodilia e Ledpidossauria.</i></p>
<p>6. Os peixes pulmonados ósseos (Dipnoi) são mais próximos aos peixes ósseos de nadadeiras raiadas (Actinopterygii) ou aos anfíbios (Anfibia)?</p>
<p>R6. <i>Os peixes pulmonados ósseos são mais próximos evolutivamente falando aos Anfibia pois compartilham com este grupo um ancestral comum mais recente do que o grupo Dipnoi compartilha com os peixes de nadadeiras</i></p>

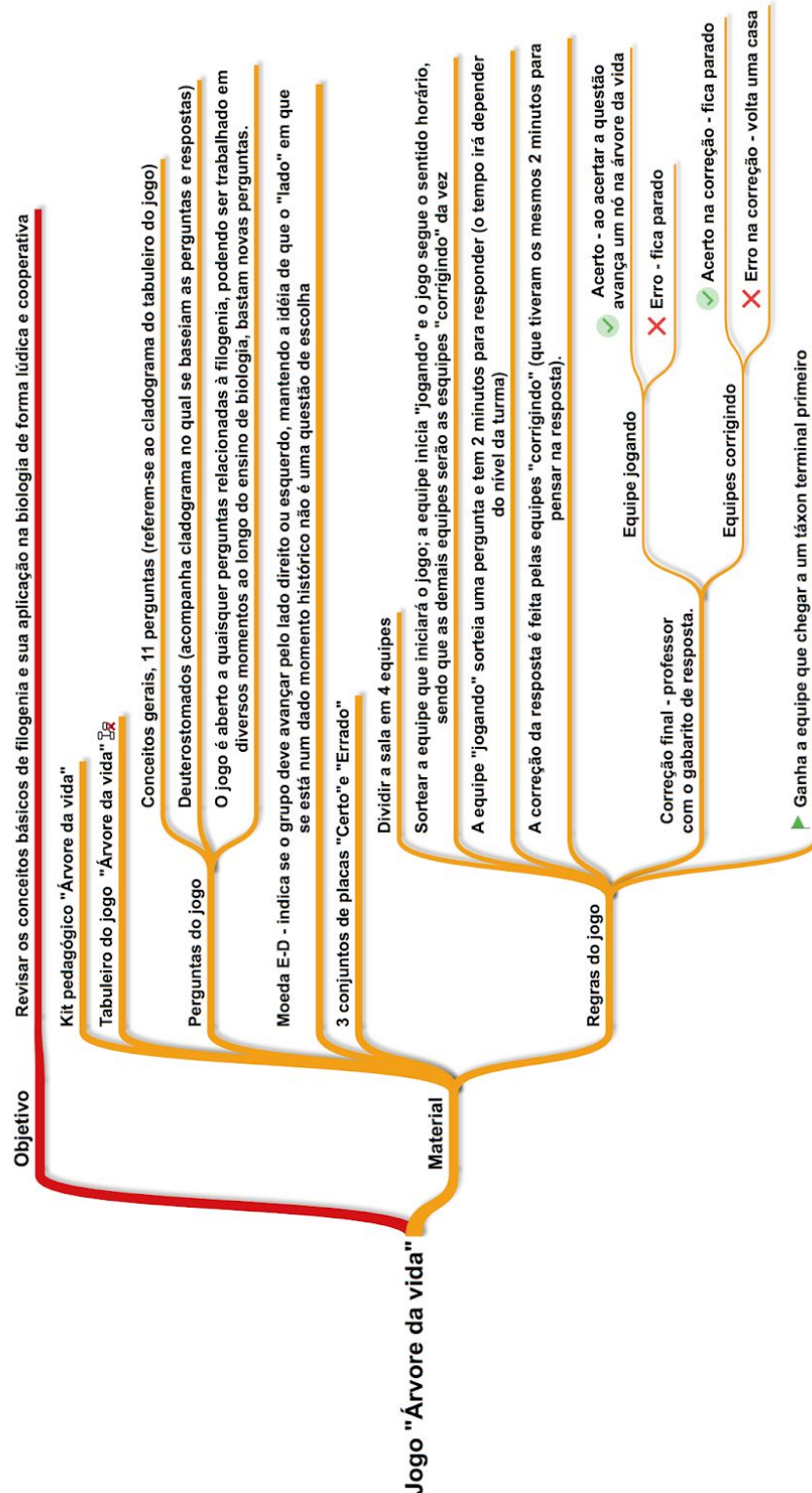
<i>raíadas.</i>
7. De acordo com o cladograma acima, o grupo “Répteis”, que reúne Crocodylia (Jacarés, Crocodilos e Gaviais) e Lepidossauria (Largatos e serpentes) é um grupo natural ou artificial? Explique.
<i>R7. “Répteis” é um agrupamento artificial uma vez que exclui as aves, grupo também descendente de um ancestral comum a Crocodylia e Lepidossauria.</i>
8. É correto afirmar que um pepino do mar (Echinodermata) é um animal mais primitivo que um anfioxo (Cephalocordata)? Explique usando uma frase.
<i>R8. NÃO. Um táxon atual nunca é mais primitivo que outro pois ambos apresentam uma história evolutiva que vai desde o ancestral comum aos dois grupos até os dias atuais, portanto iguais em termos de história evolutiva.</i>
9. Segundo o cladograma acima, qual animal compartilha maior quantidade de características com um urubu, uma cobra ou um rato?
<i>R9. Um urubu (Ave) compartilha mais características com uma cobra (lepidossauria) do que um rato (mamífero) pois os dois grupos compartilham um ancestral comum e exclusivo mais recente do que o ancestral compartilhado por aves e ratos.</i>
10. Considerando-se que Gnathostomata representa o grupo que possui mandíbulas, e que esta característica surgiu apenas uma vez na história da vida na terra, em quais dos grupos de animais representados no cladograma acima não há mandíbulas?
<i>R10. Echinodermata, Hemichordata, Urochordata, Cephalocordata, Myxinoidea e Petromyzontoidea.</i>

11. Considerando-se que a válvula espiral presente no sistema digestório dos tubarões e das raias é uma **exclusividade** destes animais, mostre, no cladograma acima onde tal característica apareceu.

R11. *A válvula espiral surgiu no ramo dos Chondrycties.*

APÊNDICE E - Instruções do jogo "Quiz árvore da vida"*

*Recomenda-se imprimir em papel tamanho A3 para adequada visualização.



APÊNDICE F - Questionário aplicado em formato on-line através do "Google forms"

24/07/2018

Questionário

Questionário

Para avaliar o uso do material didático proposto para o ensino de filogenia - kit pedagógico "Árvore da vida" - solicito gentilmente um pouco do seu tempo para responder às questões abaixo. São algumas questões rápidas sobre sua formação e a sua percepção do ensino de filogenia no ensino médio e outras sobre o material apresentado e o seu uso em sala de aula.

1. **Endereço de e-mail ***

Você e o ensino de filogenia

2. **Nome (não será divulgado)**

3. **Escola**

4. **Formação**

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Graduação - licenciatura em andamento
- ☐ Graduação - licenciatura em ciências biológicas
- ☐ Graduação - bacharel em ciências biológicas
- ☐ Pós graduação lato sensu
- ☐ Pós graduação stricto sensu
- ☐ Outro:

5. **Você gosta de trabalhar com a filogenia em sala de aula? Porquê?**

6. Para você a filogenia é (pode marcar mais de uma opção):

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Fácil;
☐ Difícil;
☐ Muito importante, mesmo no segundo grau;
☐ Dispensável, ainda mais no segundo grau;
☐ Fascinante;
☐ Assustadora.
☐ Outro: _____

7. Qual(ais) dificuldade(s) você encontra para trabalhar o tema no segundo grau?

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Alunos acham muito difícil;
☐ Material didático não traz o assunto;
☐ Eu tenho dificuldade com o assunto;
☐ Não encontro dificuldade;
☐ Outro: _____

Kit pedagógico "Árvore da vida"

8. Sobre o modelo tridimensional, marque cada item como adequado ou inadequado.

Marcar apenas uma oval por linha.

	Adequado	Inadequado
Número de kits (5)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Resistência ao manuseio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de manuseio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comprimento das hastes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Número de hastes por kit (7)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tamanho das fichas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Materiais utilizados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cores utilizadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Sobre o manual de sugestões ao professor no uso do material, marque cada item como adequado ou inadequado.

Marcar apenas uma oval por linha.

	Adequado	Inadequado
Clareza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Objetividade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Organização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Apresentação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Conteúdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Utilize este espaço caso tenha comentários, críticas ou sugestões a dar sobre a estrutura física, forma de uso ou sobre o manual para o professor no que diz respeito ao modelo tridimensional.

Jogo "Árvore da vida"

11. Sobre o jogo, marque cada item como adequado ou inadequado.

Marcar apenas uma oval por linha.

	Adequado	Inadequado
Tamanho do tabuleiro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tamanho das letras no tabuleiro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Número de casas do jogo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sugestões de perguntas oferecidas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dinâmica proposta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tamanho dos grupos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ausência de tempo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Regras do jogo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Formas de apresentação das regras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. Use este espaço caso tenha comentários, críticas ou sugestões a dar sobre a estrutura física, forma de uso ou sobre o manual para o professor no que diz respeito ao jogo.

Envolvimento dos alunos

13. Na escala abaixo como você considerou o envolvimento dos alunos com o modelo tridimensional do cladograma?

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Maior do que o normal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Menor do que o normal

14. Na escala abaixo como você considerou o envolvimento dos alunos com o jogo?

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Maior do que o normal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Menor do que o normal

ARTIGO 2

"TRABALHANDO A ÁRVORE DA VIDA NA EDUCAÇÃO BÁSICA":
POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DE UMA AÇÃO DE FORMAÇÃO PARA O
ENSINO DE SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA

*"WORKING THE TREE OF LIFE IN BASIC EDUCATION": POSSIBILITIES AND
LIMITATIONS OF A TRAINING ACTION FOR THE TEACHING OF
PHYLOGENETIC SYSTEMATICS"*

Marcela Miranda de Lima, Frederico Falcão Salles, Karina Carvalho Mancini

Resumo

O presente trabalho teve por objetivo elaborar uma proposta diferenciada - na forma de oficina - para a formação inicial de professores na área de ciências e biologia que possa ajudá-los com as dificuldades no ensino da sistemática filogenética e com o uso desse conteúdo no ensino de biologia. A proposta traz, além de conceitos básicos com foco principalmente na interpretação das filogenias, resultados de pesquisas na área de ensino de filogenia e mais especificamente no desenvolvimento do pensamento filogenético com vistas ao desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) direcionado para esta área. A fim de verificar o efeito da oficina sobre a *base conceitual* dos alunos participantes e também sobre a *predisposição* destes em trabalhar a sistemática filogenética no ensino de ciências e biologia, foram elaboradas duas avaliações do tipo questionário. Para complementar a coleta de dados foram realizadas entrevistas com os alunos. A oficina desenvolvida melhorou a compreensão geral em filogenia, o que pode ser percebido não só pelas avaliações dos alunos nos questionários conceituais, mas por seus comentários e reações. Além disso, a oficina influenciou a predisposição destes futuros professores em abordar o tema, sendo que ao final da

oficina quase todos eles disseram se sentir preparados ou parcialmente preparados para trabalhar o assunto com alunos de ensino médio. Assim, consideramos que o uso de material tridimensional, a abordagem dos erros mais comuns dos estudantes, além da explicitação da importância do tema nas aulas e a apresentação dos cladogramas enquanto ferramentas são pontos importantes a serem considerados no ensino da sistemática filogenética para alunos licenciandos em Ciências Biológicas, que irão futuramente abordar o assunto na educação básica.

Palavras-chave

Cladograma. Interpretação. Ensino. Conhecimento pedagógico de conteúdo, Evolução

Abstract

The present work had the objective of elaborating a differentiated proposal - in the form of a workshop - for the initial formation of teachers in the area of sciences and biology that can help them with the difficulties in teaching phylogenetic systematics and with the use of this content in the teaching of biology. In addition to basic concepts focused mainly on the interpretation of phylogenies, research results in the field of phylogenetic teaching and, more specifically, the development of phylogenetic thinking for the development of pedagogical knowledge of content (PCK) directed to this area. In order to verify the effect of the workshop on the conceptual basis of the participating students and also on their predisposition to work on phylogenetic systematics in science and biology education, two questionnaire type evaluations were elaborated. To complement the data collection, interviews were conducted with the students. The workshop developed improved general understanding of phylogeny, which can be seen not only by the students' evaluations in the conceptual questionnaires, but also by their comments and reactions. In addition, the workshop influenced the predisposition of these future teachers to approach the subject, and at the end of the workshop almost all of them said they feel prepared or partially

prepared to work the subject with high school students. Thus, we consider that the use of three-dimensional material, the approach of the most common errors of the students, besides the explanation of the importance of the subject in the classes and the presentation of the cladograms as tools are important points to be considered in the teaching of phylogenetic systematics for undergraduate students in Biological Sciences, which will in future address the subject in basic education.

Keywords

Cladogram. Interpretation. Teaching. Pedagogical content knowledge. Evolution.

Introdução

Os cladogramas, ou árvores filogenéticas, podem ser utilizados como forma de facilitar o entendimento das relações de parentesco entre os organismos, auxiliando, assim, a compreensão da unidade na Biologia, da evolução dos organismos e suas relações de parentesco. Estudos trazem a importância do uso da filogenia na educação básica em diferentes áreas dentro da biologia, como zoologia e botânica (AMORIM, 2008; FERREIRA et al., 2008; LOPES; FERREIRO; STEVAUX, 2008), classificação biológica (COSTA, 2012), história do corpo humano (KUMALA, 2010) e evolução (GUIMARÃES; CARVALHO, 2007; SANTOS; CALOR, 2007a; SANTOS; CALOR, 2007b; SANTOS; KLASSA, 2012; COUTINHO, 2013). Ferreira e colaboradores (2008) relatam ainda que a inserção da filogenia no ensino de biologia pode trazer maior dinamismo à sala de aula aumentando, desta forma, o interesse dos alunos pela disciplina.

Apesar de não ser possível compreender a filogenia sem compreender um cladograma, é possível compreender um cladograma sem compreender os aspectos mais técnicos da filogenia (BAUM; SMITH; DONOVAN, 2005). O termo "Pensamento filogenético" é usado no Brasil para designar a habilidade de interpretar corretamente as relações entre organismos apresentadas nas árvores filogenéticas, e vem do termo "Tree-thinking" (O'HARA, 1997; BAUM et al. 2005; BAUM; OFFNER,

2008). Entretanto, esta habilidade não é inata e depende de aprendizado (SANDVIK, 2008; O'HARA, 1997) sendo que, sem instrução adequada, a compreensão dos diagramas e o aprendizado a partir destes é prejudicado (NOVICK; CATLEY, 2013). Assim, para que possam compreender as árvores filogenéticas, os indivíduos precisam entender primeiramente as convenções envolvidas nestas representações (BOYCE, 2015). A interpretação de cladogramas, sem com conhecimento das convenções envolvidas pode levar a conclusões equivocadas sobre o processo evolutivo e as relações de parentesco.

O documento complementar aos parâmetros curriculares nacionais (PCNEM+) (BRASIL, 2002) traz como competências importantes a serem desenvolvidas, aquelas voltadas para o domínio das linguagens científicas e suas representações, dentre estas, ser capaz de interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens. Neste documento, interpretação e construção de árvores filogenéticas aparecem explicitamente no exemplo de estruturação do currículo para abordar as competências previstas para o ensino de biologia, estando relacionadas tanto ao tema "Diversidade dos seres vivos" quanto a "Origem e evolução da vida". Em conformidade com as recomendações dos PCNEMs, podemos perceber nos livros disponibilizados para avaliação e escolha pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018 (BRASIL, 2017), a filogenia se fazendo presente nas coleções para o ensino médio com maior ou menor nível de profundidade.

Já para o ensino fundamental, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é vaga, propondo, dentre os assuntos relacionados à unidade "Vida e Evolução", a "compreensão dos processos evolutivos que geram a diversidade de formas de vida no planeta." (BRASIL, 2018, p. 324) Embora a sistemática filogenética, ou a interpretação dos cladogramas não apareça de forma explícita em nenhum momento neste documento, os cladogramas já se encontram presentes também em livros destinados ao ensino fundamental, mais especificamente em livros do sétimo ano (COSWOSK, 2014).

A despeito da importância e relevância do assunto, das recomendações para a sua inserção no ensino médio e da sua presença em maior ou menor grau nos livros

didáticos mais atuais, a sistemática filogenética ainda não é trabalhada adequadamente na educação básica. A realidade nas salas de aula, muitas vezes é que o professor não estudou o tema quando se formou ou não compreendeu bem o assunto e, sem uma base conceitual adequada, em muitos casos aborda o assunto incorrendo em erros ou prefere mesmo omití-lo, alegando não compreender ou ser de difícil compreensão para os alunos, conforme apontado por (LOPES; VASCONCELOS, 2012; LOPES; VASCONCELOS, 2014).

Para Amorim (2008) a falta de percepção da importância dos conceitos de ancestralidade e de filogenia e das relações entre filogenia e classificação são fatores que dificultam a inserção do paradigma evolucionista no ensino, reduzindo o ensino de zoologia e botânica à memorização de características e nomes de grupos taxonômicos. Desta forma, podemos dizer que há uma falta de compreensão do assunto e da sua importância por parte de muitos professores, o que dificulta a sua inserção na educação básica.

Embora haja, conforme Garcia (2010), na cultura popular a ideia de que "para ensinar basta 'saber' a matéria que se ensina", no meio acadêmico muito se tem discutido a diversidade dos saberes docentes necessários à atuação como professor. É importante considerar que, apesar de os saberes disciplinares não serem o único tipo de saber necessário ao seu trabalho, os professores precisam ter um conhecimento adequado do assunto que lecionam. Eles precisam compreender, além dos fatos e conceitos centrais da disciplina, como essas ideias se conectam, além dos processos envolvidos na geração de novos conhecimentos na área (BORKO, 2004).

Shulman (1986), foi um autor que trabalhou especificamente com a ideia de conhecimentos necessários ao exercício da docência. Preocupado à época com o excesso de atenção dado à face pedagógica do ensino em detrimento do conhecimento do conteúdo, propõe uma visão mais equilibrada da formação de professores, onde não houvesse atenção demasiada à questão pedagógica básica, nem ao conhecimento do conteúdo. Sua tipologia considera, além dos conhecimentos de conteúdo e pedagógico, o conhecimento curricular. Em sua

proposta teórica ele dá especial atenção ao conhecimento do conteúdo, conhecimento este que ele coloca como pouco valorizado em sua época. Shulman (1986) divide o conhecimento do conteúdo em três categorias: conhecimento do conteúdo, conhecimento curricular e conhecimento pedagógico do conteúdo.

Na categorização de Shulman (1986), tem lugar de destaque o conhecimento pedagógico do conteúdo ou PCK (do inglês *Pedagogical Content Knowledge*), pois segundo o autor, este é um conhecimento específico do professor, que vai além do conhecimento do conteúdo em si, sendo um conhecimento do conteúdo para o ensino. Segundo o autor, este conhecimento inclui, para cada tópico de determinada área de ensino "(...) as formas mais úteis de representação dessas ideias, as analogias mais poderosas, ilustrações, exemplos e demonstrações – em uma palavra, as formas de representar e formular o conteúdo que o torna compreensível aos outros." (SHULMAN, 1986, p. 9). O PCK também inclui a compreensão do que torna a aprendizagem de determinados tópicos mais ou menos fácil, assim como as concepções prévias que estudantes trazem consigo na aprendizagem dos tópicos e lições mais frequentemente ensinados. O autor enfatiza ainda a importância da inclusão de conhecimentos acadêmicos, advindos de pesquisas sobre as concepções errôneas de estudantes e sobre o que é necessário para superar e transformar essas concepções iniciais, na definição de PCK. Com relação à construção do PCK, o autor coloca que: "Uma vez que não há simples formas poderosas de representação, o professor precisa ter em mãos um verdadeiro arsenal de formas alternativas de representação, algumas das quais derivam da pesquisa enquanto outras têm sua origem no saber da prática." (SHULMAN, 1986, p. 9). Assim, o PCK não é construído apenas no momento de formação docente, mas é um conhecimento também construído na experiência.

Na área de ensino relacionada à sistemática filogenética que trata do desenvolvimento do pensamento filogenético, pesquisas têm sido feitas a respeito do conhecimento pedagógico do conteúdo. Estes trabalhos, embora não usem a denominação de PCK, estão relacionados a esta base de conhecimento. Ziadie e Andrew (2018) fizeram uma extensa revisão de literatura sobre artigos que abordam diferentes aspectos do PCK para o ensino de evolução, e que contribuem desta

forma para a construção do denominado PCK coletivo na área. Os autores encontraram um expressivo número de artigos que abordam aspectos do PCK para o ensino de "pensamento filogenético", tendo sido este um dos tópicos com maior número de artigos encontrados. Na falta de um consenso entre os pesquisadores da área sobre os componentes do PCK, esses autores optaram pelos seguintes componentes: (1) conhecimento sobre o pensamento dos estudantes - dificuldades comuns que os estudantes têm sobre o tópico; (2) avaliação; (3) estratégias instrucionais e (4) objetivos. Na área de ensino voltada para a formação do pensamento filogenético, principal foco deste trabalho, podem ser encontrados estudos sobre cada um destes componentes do PCK. Temos estudos sobre as dificuldades mais comuns dos alunos, um componente do PCK também denominado pensamento dos estudantes (MEIR et al., 2007; GREGORY, 2008; DEES et al., 2014). Gregory (2008) traz, além dos dez erros mais comuns cometidos pelos estudantes, explicações, exemplos e ilustrações para facilitar a compreensão destes erros. Há ainda estudos sobre de que forma a apresentação do conteúdo, no caso os cladogramas, afeta a sua interpretação pelos estudantes com propostas para facilitar a compreensão dos mesmos (NOVICK; CATLEY, 2007; CATLEY; NOVICK; SHADE, 2010; NOVICK; SHADE; CATLEY, 2011; NOVICK; STULL; CATLEY, 2012). Outro componente encontrado são os estudos sobre estratégias instrucionais que apresentam possibilidades para a ordem de apresentação do conteúdo (EDDY et al., 2013); material didático (HALVERSON, 2010; DONAVEN, 2013); sugestão para apresentação do conteúdo em tempo reduzido (MC LENNAN, 2010) dentre outros.

Estas pesquisas e materiais, no entanto, apesar de extremamente importantes para a formação de professores que vão atuar na área ou mesmo para professores formadores de professores na área (professores das licenciaturas), não parecem chegar aonde seria necessário, ou seja, na formação inicial e continuada dos docentes. Inclusive, não foi encontrada, em nossa pesquisa bibliográfica nenhum artigo em português a respeito do PCK para a área de ensino de filogenia e o trabalho de revisão de Ziadie e Andrew (2018) foi o primeiro encontrado que cita o referencial teórico do PCK para a área, mesmo na literatura de língua inglesa.

A formação de um professor começa nas muitas horas vividas enquanto aluno (TARDIFF, 2002) e nunca termina de fato pois é um processo de aprendizagem contínua. A denominada formação inicial, ou seja, aquela realizada por instituições e profissionais específicos e tendo por objetivo a preparação de futuros professores, embora detenha um papel importante no processo de formação do professor não produz um profissional acabado (CASTALDI, 2012). O autor ressalta a importância da formação inicial, mas aponta que esta não é suficiente para dar conta das necessidades atuais da educação, fazendo-se necessária uma formação contínua.

Assim, tendo em vista as dificuldades encontradas no ensino de filogenia na educação básica, bem como sua importância para o ensino de biologia evolutivamente contextualizado, este trabalho tem como proposta a construção e avaliação de uma oficina de ensino de filogenia focada, para além do conhecimento de conteúdo, na construção do PCK para a área de filogenia com ênfase no pensamento filogenético na formação inicial de estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas.

Material e métodos

Este trabalho foi desenvolvido como parte da dissertação de um trabalho de mestrado segundo a metodologia da pesquisa-ação. Dentro deste contexto, uma das intervenções propostas foi a elaboração, oferta, execução e avaliação de uma atividade de formação na área do ensino de sistemática filogenética para a educação básica. O presente trabalho traz uma descrição desta atividade, bem como uma avaliação qualitativa da mesma.

Formato da atividade de formação

Pensando na constante necessidade formativa, surgiu a ideia de elaborar uma proposta diferenciada para a formação de professores na área de ciências e biologia que possa ajudá-los com as dificuldades no ensino da sistemática filogenética e com o uso desse conteúdo no ensino de biologia. A proposta traz, além de conceitos

básicos com foco principalmente na interpretação das filogenias, resultados de pesquisas na área de ensino de filogenia e mais especificamente no desenvolvimento do pensamento filogenético com vistas ao desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) específico para esta área. Foram trabalhados conhecimentos sobre o pensamento dos estudantes, estratégias instrucionais e objetivos para a área, conforme classificação usada por Ziadie e Andrew (2018). Não foi trabalhado nesta oficina o "conhecimento da avaliação", mas sim o conhecimento do conteúdo - que não faz parte do PCK nesta classificação - devido às dificuldades geralmente encontradas com relação a este conteúdo específico.

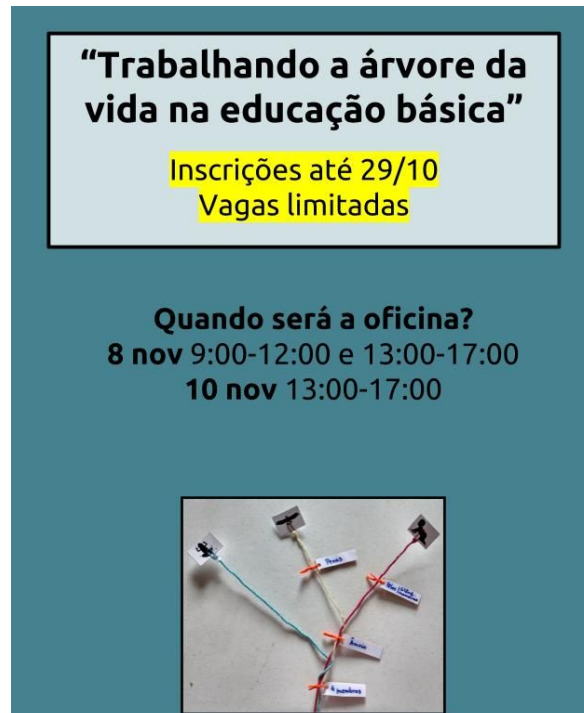
A atividade de formação foi denominada de oficina, devido ao curto tempo de duração e ao caráter parcialmente prático da mesma. Segundo Souza e Gouvêa (2006), as oficinas podem contribuir para a formação de professores por serem atividades pontuais de curta duração que a longo prazo agem como espaços de formação contínua. O curto tempo de duração (11 horas) foi um aspecto importante para facilitar a participação dos estudantes de licenciatura (formação inicial) mas também pensando na possibilidade de se oferecer, no futuro, esta mesma oficina a professores em atividade (formação continuada).

Público-alvo e divulgação

O público escolhido foram alunos do curso Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus, dando preferência para os alunos que haviam cursado mais de 50% das disciplinas. Esta escolha se deu em função da atuação da autora como docente junto a turmas da licenciatura e bacharelado nesta instituição, podendo a partir daí perceber a grande dificuldade conceitual destes alunos com relação à filogenia. Em função do presente trabalho ter como foco o ensino na educação básica, optou-se por trabalhar apenas com os alunos da licenciatura.

A oficina foi divulgada (Figura 1) por meio eletrônico entre os alunos do curso de licenciatura dos últimos períodos. Os alunos espalharam o convite da oficina a alunos de outros períodos, que também demonstraram interesse. A imagem usada no convite visou chamar a atenção dos alunos para a abordagem prática com uso de material didático para o ensino na área.

Figura 1 - Imagem usada no convite da oficina.



Fonte: elaborado pelo autor

Oficina "Trabalhando a árvore da vida na educação básica"

Os objetivos específicos da oficina oferecida foram:

- Fortalecer a base conceitual em filogenia de alunos de licenciatura em Ciências Biológicas, preparando-os para uma mediação adequada para a correta interpretação de um cladograma;
- Discutir resultados de pesquisas sobre o ensino de filogenia e formas de usar estes resultados na hora de preparar e ministrar suas aulas;
- Apresentar propostas de atividades e recursos para o ensino de filogenia;

- Verificar o efeito da oficina (enquanto uma ação pontual de formação) :
 - sobre a *base conceitual* dos alunos participantes;
 - sobre a *predisposição* destes alunos em trabalhar a sistemática filogenética no ensino de ciências e biologia.

Os conteúdos trabalhados na oficina estão diretamente relacionados aos componentes do PCK adotados por Ziadie e Andrews (2018) sendo eles: conhecimento sobre o pensamento dos estudantes, estratégias instrucionais e objetivos. O quarto componente considerado por estes autores - avaliação - não foi trabalhado na presente oficina, em função do tempo disponível para a mesma, uma vez que consideramos necessária a inclusão do conhecimento do conteúdo (base conceitual), um componente considerado por alguns autores como parte do PCK e por outros como externo a este (FERNANDEZ, 2011).

A oficina foi dividida em 5 partes para ser ministrada em cinco períodos de 2 horas cada, distribuídos em cinco dias. Porém, em função da pouca disponibilidade dos alunos, a oficina foi realizada em apenas dois dias, mantendo a organização original em cinco partes, conforme descrito abaixo, mas acrescentando-se uma hora à oficina, totalizando 11 horas. O quadro 1 descreve a oficina em termos de conteúdos de aprendizagem e das metodologias empregadas.

Quadro 1: Conteúdos e metodologias empregados na oficina

Conteúdo abordado	Metodologias	Componente do PCK abordado - seguindo a classificação de Ziadie e Andrews (2018)
<p>Por que ensinar filogenia na educação básica?</p> <p>Conceitos básicos em filogenia</p>	<p>Exposição dialogada</p> <p>Construção de material didático tridimensional</p>	<p>* Objetivos</p> <p>* Estratégias instrucionais</p>

Como ler um cladograma... Habilidades a serem desenvolvidas	Exposição dialogada Resolução de exercícios em duplas	* Conhecimento do conteúdo (ausente nesta classificação)
Erros mais comuns na interpretação de cladogramas (Como não ler um cladograma)	Exposição dialogada	* Pensamento dos estudantes * Estratégias instrucionais
Fatores envolvidos na aprendizagem do "pensamento filogenético" Avaliação de materiais didáticos para o ensino de filogenia	Exposição dialogada Trabalho em grupo para avaliação dos materiais didáticos	* Pensamento dos estudantes * Estratégias instrucionais
Sugestões de atividades para o ensino de filogenia	Exposição dialogada	* Estratégias instrucionais

Fonte: Elaborado pelos autores

Parte 1

Pré-teste - O pré-teste será descrito em maiores detalhes na sessão "coleta de dados".

No primeiro momento da oficina, foi apresentado aos participantes o termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE A). O documento foi lido, explicado e foram tiradas dúvidas dos participantes na pesquisa. A seguir foram recolhidas as vias assinadas pelos alunos.

Após uma parte introdutória apresentando as recomendações dos documentos PCNEM e PCNEM+ no que diz respeito aos aspectos relacionados à filogenia, foi apresentado o recurso didático tridimensional "Construindo a árvore da vida" (LIMA; SALLES; MANCINI, 2019, Artigo 1 da presente dissertação) e os alunos puderam produzir seu próprio kit com os materiais fornecidos pela proponente. A seguir, utilizando este recurso como apoio, foi conduzida uma revisão conceitual sobre

aspectos básicos necessários à compreensão dos cladogramas, como nomenclatura relativa ao cladograma, o que um cladograma representa, anagênese e cladogênese, diferença entre ancestral comum e ancestral comum mais recente (ACMR), agrupamentos naturais (monofiléticos) e agrupamentos artificiais (não monofiléticos), os tipos de caracteres (apomorfias, autapomorfias, plesiomorfias e simplesiomorfias). Para finalizar foi introduzido o conceito de "pensamento filogenético" e a sua importância.

Parte 2

Na segunda parte da oficina foi trabalhada leitura ou interpretação de um cladograma, com a realização de exercícios em duplas. Foram trabalhados conceitos como rotação de eixos, cladogramas equivalentes, transposição de cladogramas de diferentes formatos e interpretação de politomias. Foi discutida também a interpretação de relação de parentesco entre grupos e a leitura de caracteres no cladograma. Por fim, foram apresentadas as habilidades a serem desenvolvidas por estudantes de graduação na interpretação de cladogramas segundo o proposto por Novick e Catley (2013), como base para uma proposta de que os alunos em dupla fizessem o exercício de elaborar quais seriam as habilidades de interpretação a serem desenvolvidas com alunos do ensino médio.

Parte 3

A terceira parte teve como foco os dez erros mais comuns cometidos na interpretação de cladogramas, segundo Gregory (2008). Esta parte foi denominada "Como não ler um cladograma". Para cada dificuldade mais comum dos estudantes, foram apresentados exemplos que ajudassem na compreensão do erro e a reconstrução do conceito pelos alunos.

Parte 4

Nesta parte da oficina foram apresentados de forma expositiva fatores envolvidos na aprendizagem do "pensamento filogenético". Foi discutida a dificuldade dos alunos em realizar a interpretação dos cladogramas quando levam em consideração seus conhecimentos prévios sobre os grupos e foram apresentados exemplos de conhecimentos prévios a serem ressignificados com os alunos após a compreensão de como se interpreta um cladograma como é o caso de grupos conhecidos mas que não são grupos monofiléticos. Foi discutida a tendência dos alunos em tentar confirmar suas hipóteses, e de como isso influencia a interpretação dos cladogramas. Foram apresentados e discutidos estudos acadêmicos (NOVICK; CATLEY, 2007; NOVICK; STULL; CATLEY, 2012) sobre a importância do formato e direção em que os cladogramas são apresentados na forma como os alunos os interpretam. Foram apresentados ainda trabalhos que avaliaram a influência da ordem em que são trabalhadas a interpretação e a construção de cladogramas (HALVERSON, 2011; EDDY et al., 2013; KUMMER, 2017); e um trabalho sobre a importância da presença de apomorfias nos cladogramas (NOVICK; CATLEY; FUNK, 2010)

Por fim, os alunos foram divididos em grupos para uma atividade de avaliação crítica dos livros didáticos presentes na lista do Programa Nacional do Livro Didático (PNLDEM) para 2018 (BRASIL, 2017). Os alunos foram convidados a explorar partes dos livros que tivessem assuntos relacionados à temática de sistemática filogenética e a avaliar criticamente as imagens (cladogramas e outras ilustrações referentes à evolução), as legendas das figuras e os textos explicativos em geral. Cada grupo teve como tarefa apresentar aos demais colegas um cladograma e um texto justificando a escolha devido a algum aspecto positivo ou negativo associado ao material.

Parte 5

Na quinta e última parte da oficina, foi apresentada aos alunos uma série de materiais didáticos (APÊNDICE B) para o ensino de sistemática filogenética, focando especialmente na formação do pensamento filogenético. Os materiais foram todos

traduzidos para o português e adaptados para o uso em sala de aula para alunos do ensino médio. Devido ao tempo, os materiais não puderam ser utilizados durante o curso, apenas foram apresentados e então discutidas as possibilidades para o seu uso em sala de aula. Foi apresentado ainda o jogo "Quiz Árvore da vida" (LIMA; SALLES; MANCINI, 2019, Artigo 1 da presente dissertação) como uma possibilidade de material lúdico para a revisão de conceitos e a avaliação da compreensão dos estudantes sobre o assunto.

Pós-teste - O pós-teste, detalhado na sessão 'coleta de dados' foi o mesmo questionário usado no pré-teste com pequenas modificações.

Coleta de dados

A fim de verificar o efeito da oficina (enquanto ação pontual de formação) sobre a *base conceitual* dos alunos participantes e também sobre a *predisposição* destes em trabalhar a sistemática filogenética no ensino de ciências e biologia, foram elaboradas duas avaliações denominadas respectivamente pré-teste e pós-teste (APÊNDICE C). O pré-teste foi aplicado no primeiro dia (Parte 1) e o pós-teste foi aplicado no segundo dia da oficina (Parte 5).

O pré-teste contou com questões sobre a formação dos alunos e auto-avaliação sobre a experiência pessoal enquanto aluno com relação à aprendizagem da filogenia. Também apresentou dez questões (Quadro 2) usando a escala de Likert. Esta ferramenta metodológica consiste em um conjunto de itens apresentados como opinião ou afirmação usados para medir a reação do sujeito. Para cada afirmação são apresentadas cinco categorias de resposta para que o sujeito expresse sua reação, das quais apenas uma opção pode ser marcada. A escala apresentada foi do 1 (discordo totalmente) ao 5 (concordo totalmente) (BROCKE; ROSEMAN, 2013).

Quadro 2: Questões presentes no pré-teste e respectivos aspectos avaliados

Questão	Aspecto avaliado
---------	------------------

1. Eu acho importante trabalhar os conceitos básicos de filogenia no ensino médio.	- Importância percebida - Quando abordar o assunto
2. Eu me sinto preparado para trabalhar conceitos básicos de filogenia com alunos do ensino médio.	- Sentimento de aptidão
3. Eu acho difícil ensinar para um aluno do ensino médio como interpretar um cladograma.	- Dificuldade em abordar o assunto
4. Eu acho importante ensinar biologia no ensino médio apresentando aos alunos o contexto evolutivo que une os seres vivos.	- Importância percebida
5. Eu me sinto preparado para ensinar biologia no ensino médio apresentando aos alunos o contexto evolutivo que une os seres vivos.	- Sentimento de aptidão
6. A filogenia é um tema muito complexo para ser trabalhado com alunos no ensino médio, eu acredito que deveria ser ensinado só na graduação.	- Complexidade do tema - Quando abordar o assunto
7. Eu tenho consciência da dificuldade dos alunos em compreender a filogenia, mas conheço os seus erros mais comuns e portanto estou preparado para ajudá-los a compreender o assunto.	- Conhecimento das dificuldades dos estudantes
8. Cladogramas na diagonal são mais facilmente interpretados pelos estudantes que os cladogramas com linhas paralelas.	- Conhecimento das dificuldades dos estudantes
9. As minhas crenças religiosas conflitam com o que a biologia evolutiva apresenta.	- Influência de outros fatores sobre o ensino na área
10. Eu tive aulas na licenciatura que me prepararam especificamente para ensinar filogenia.	- Formação para o ensino de filogenia

Fonte: Elaborado pelos autores

Destas dez questões, as duas últimas foram retiradas no pós-teste por considerarmos que não seriam potencialmente afetadas pela oficina.

Além das questões acima citadas, o pré-teste continha oito questões de cunho conceitual. Estas almejavam averiguar os conhecimentos prévios dos participantes da oficina acerca de conceitos básicos em sistemática filogenética, focando prioritariamente na interpretação de cladogramas. As questões conceituais foram traduzidas e em alguns casos modificadas parcialmente do instrumento de avaliação para pensamento filogenético proposto por Novick e Catley (2018). As questões 2.1, 3.1 e 5.1 fazem parte respectivamente das questões 2, 3 e 5. Sendo assim, cada uma destas questões só foi considerada correta quando a resposta anterior (2 ou 3 ou 5) estivesse correta também. As mesmas questões conceituais usadas no pré-teste foram mantidas no pós-teste para fins de comparação entre as respostas.

Entrevistas

Três meses após a realização da oficina, os alunos participantes foram novamente contatados e convidados a participar, em grupos separados por período do curso, de uma entrevista. Nesta etapa da pesquisa, a entrevista foi escolhida como método pois permite ao pesquisador a coleta de dados subjetivos, relacionados aos valores, atitudes e opiniões dos sujeitos entrevistados (BONI; QUARESMA, 2005).

A entrevista contou com oito questões (APÊNDICE D) e teve por objetivo elucidar alguns aspectos que não ficaram claros nos questionários, além de avaliar qualitativamente a oficina tal qual percebida pelos alunos. Ela teve um formato semi-estruturado, no qual seguiu-se um conjunto de questões pré-definidas, mas de forma semelhante a uma conversa informal. Neste formato de entrevista, o entrevistador pode dirigir a discussão para o assunto que o interessa, fazendo perguntas adicionais para esclarecer questões que não tenham ficado claras (BONI; QUARESMA, 2005).

Vale destacar que a última questão foi apresentada no formato de uma atividade, onde foi pedido aos alunos que fizessem um *ranking* (a partir de uma lista fornecida) dos assuntos abordados na oficina segundo a importância por eles atribuída. Para tanto, os tópicos deveriam ser numerados em ordem crescente, começando pelos

considerados mais importantes e finalizando com aqueles considerados menos importantes. A análise destas respostas foi feita com base na soma de notas atribuídas para cada tópico pelo conjunto de alunos entrevistados.

No total foram realizadas cinco sessões de entrevistas, sendo quatro agendadas três meses após a oficina e uma sessão após sete meses da oferta da oficina devido à dificuldade dos alunos em encontrar datas compatíveis (Quadro 3). Ao final, foram entrevistados 11 dos 14 alunos que participaram da oficina.

Quadro 3: Entrevistas realizadas

Grupo entrevistado	Tempo após a oficina	Número de participantes	Período da graduação em que os alunos se encontravam quando participaram da oficina
1	3 meses	3	7
2	3 meses	2	9
3	3 meses	1	5
4	3 meses	2	7
5	7 meses	3	5

Fonte: elaborado pelos autores

Após as entrevistas, os resultados dos testes (pré e pós-teste) foram devolvidos corrigidos aos alunos por meio do aplicativo google forms.

Resultados e discussão

Participaram integralmente da oficina e da coleta de dados 14 alunos sendo, destes, seis alunos do quinto período (P5), cinco do sétimo (P7) e três do nono período (P9). Outros 10 alunos realizaram a pré-inscrição, mas por motivos diversos não puderam participar da oficina.

PARTE I - Questões conceituais de filogenia

A avaliação conceitual em filogenia (APÊNDICE C - segunda parte) foi corrigida segundo um gabarito e a cada questão foi atribuído um ponto. Do total de doze questões, com valor total de doze pontos, a média de acertos no pré-teste foi de 4,43 pontos, equivalente a 36,91% e de 9,93 pontos no pós-teste, equivalente a 82,75%. Abaixo serão apresentadas as análises de cada questão com a comparação entre pré e pós-testes.

Questão 1: Avaliava conhecimentos prévios do aluno e também relacionamento evolutivo entre diferentes grupos.

Pré-teste: Apenas dois alunos erraram, e seus erros dizem respeito a conhecimentos de evolução. Um aluno respondeu que os humanos são os animais mais evoluídos (mais complexos) e o outro respondeu que os humanos evoluíram das minhocas. Estas duas respostas foram dadas por alunos de quinto período e refletem o pensamento da evolução como um processo linear, indo de seres menos complexos para mais complexos. A leitura horizontal do cladograma, da esquerda para a direita é um erro comum que leva a uma distorção da compreensão do processo evolutivo (OMLAND; COOK; CRISP, 2008). A visão de humanos como seres mais evoluídos, ou muitas vezes apenas o uso incorreto desta terminologia, não se restringe a estudantes, mas afeta também profissionais da área biológica (RIGATO; MINELLI, 2013). A resposta que humanos evoluíram das minhocas também traz, além da visão progressista de evolução, a visão de organismos atuais como ancestrais de outros organismos atuais, um dos erros mais comuns na interpretação dos cladogramas (GREGORY, 2008) e que precisa ser trabalhado de forma explícita com os estudantes.

Pós-teste: Todos os alunos acertaram a questão.

Questão 2: Tratava da determinação de relações de parentesco evolutivo entre táxons.

Pré-teste: Apenas três alunos acertaram, sendo que nenhum destes era do quinto período. Esta é uma questão básica no que diz respeito às habilidades de interpretação de cladogramas, onde se pede para determinar relações de proximidade entre táxons. Nesta questão entretanto, existem três fatores que podem confundir o aluno que não compreende as convenções envolvidas na leitura do cladograma. O primeiro fator é a proximidade visual entre os grupos (GREGORY, 2008; MEIR et al. 2007; NOVICK; CATLEY, 2013). Segundo Novick e Catley (2013), a leitura por proximidade está diretamente relacionada a um dos princípios da Gestalt, denominado princípio da proximidade. De acordo com este princípio, itens exibidos visualmente que estão próximos entre si são reunidos e considerados como pertencentes a um agrupamento, separado dos itens mais distantes espacialmente. O segundo fator de confusão neste caso são os próprios conhecimentos prévios do aluno. Estes conhecimentos são importantes e podem ser usados pelo aluno em detrimento da leitura do cladograma (NOVICK; CATLEY, 2013) e desta forma, o pertencimento de um organismo a grupos não naturais historicamente trabalhados no contexto escolar como invertebrados (lagosta e ouriço), pode levar a uma leitura incorreta. O terceiro fator é a tendência de agrupar os organismos de acordo com suas semelhanças (GREGORY, 2008), que pode levar o aluno a considerar o ouriço do mar tendo um parentesco evolutivo maior com a lagosta do que com o camelo por serem mais semelhantes entre si.

Pós-teste: Apenas um aluno (P5) manteve a resposta incorreta, demonstrando não ter compreendido como se interpreta um cladograma mesmo depois de ter participado da oficina. Os demais alunos foram capazes de considerar seus novos conhecimentos adquiridos na oficina sobre a forma correta de se interpretar um cladograma, ignorando os fatores de confundimento comuns citados anteriormente (proximidade e semelhança entre os táxons e conhecimentos prévios).

Questão 2.1: Solicitava que o aluno marcasse a opção que melhor explica sua resposta anterior.

Pré-teste: Dos três alunos que acertaram a questão na resposta anterior, apenas um (P9) justificou de forma correta, alegando que os táxons compartilham um ancestral comum mais recente. Os outros dois (P7) marcaram como justificativa o compartilhamento de um ancestral comum. Outros quatro alunos (P5), que erraram a questão anterior, marcaram que escolheram a lagosta (resposta incorreta) pois esta compartilha um ancestral em comum com o ouriço do mar. Ou seja, no total seis alunos justificaram a sua interpretação do cladograma baseado em ancestralidade comum. Estes alunos não compreenderam a diferença entre ancestralidade comum (todos os seres vivos compartilham um ancestral comum) e ancestralidade comum mais recente (táxons mais proximamente relacionados são aqueles que compartilham de ancestrais mais recentes entre si), sendo que o compartilhamento de um ancestral comum mais recente é que é usado para se avaliar o grau de parentesco entre táxons (NOVICK; CATLEY; SCHREIBER, 2012). Outros quatro alunos responderam que definiram a sua resposta baseada na proximidade visual no cladograma, um erro bastante comum na interpretação de cladogramas (KUMMER; WHIPPLE; JENSEN, 2016) e já esperado em função da maneira como os táxons foram dispostos para a pergunta, justamente para capturar esse erro (NOVICK; CATLEY, 2018). Por fim, um aluno justificou a sua escolha da lagosta como mais próximo evolutivamente do ouriço devido ao fato de possuírem mais características em comum entre si. Este também é um erro comum na interpretação de cladogramas, onde os alunos baseiam sua resposta na semelhança entre os grupos e não no cladograma em si (GREGORY, 2008).

Pós-teste: Todos os alunos justificaram com base em ancestralidade comum. Entretanto, quatro alunos (P5) continuaram não fazendo a distinção entre ancestral comum e ancestral comum mais recente, justificando a sua resposta com base na ancestralidade comum. Já os demais alunos justificaram corretamente sua resposta sobre parentesco evolutivo entre grupos, demonstrando terem compreendido de forma correta como se determina o grau de parentesco evolutivo entre grupos. Cabe destacar a diferença na compreensão atingida pelos alunos do quinto período e os demais; cinco dos seis alunos do quinto período deram a resposta correta para a questão anterior, mas destes, apenas um justificou corretamente a sua resposta.

Questão 3: Buscou verificar se o aluno é capaz de identificar um clado com a presença de uma politomia. Apesar de os cladogramas com politomia não aparecerem normalmente nos trabalhos de erros mais comuns na interpretação dos cladogramas, cladogramas com politomia aparecem com frequência na literatura científica e além de constarem em grande número de questões na avaliação elaborada por Novick e Catley (2018) e por isso consideramos importante trabalhar este aspecto com os alunos.

Pré-teste: Nesta questão, metade dos alunos respondeu corretamente qual dos agrupamentos é melhor suportado por evidências científicas, ou seja, qual deles forma um agrupamento natural ou monofilético.

Pós-teste: Todos os alunos responderam corretamente à questão, o que é um indicativo que eles conseguiram distinguir um clado, mesmo com a presença de uma politomia.

Questão 3.1: Solicitava uma justificativa para a questão anterior.

Pré-teste: O único aluno (P9) que acertou a justificativa (que esses são todos os táxons que compartilham um ancestral comum mais recente) não respondeu corretamente o agrupamento válido. Dessa forma, sua justificativa foi considerada incorreta. Os demais alunos deram diferentes justificativas incorretas para justificar a formação de um clado (ancestralidade comum, proximidade visual, possuírem características em comum, conexão no cladograma por uma linha), sendo que a resposta mais comum foi que estes organismos possuem um ancestral em comum, com seis respostas. Percebe-se que, embora alguns alunos tenham assinalado corretamente o clado, eles não compreenderam a razão para a formação do mesmo, e muitos deles não conseguem fazer distinção entre ancestralidade comum e ancestralidade comum mais recente.

Pós-teste: Embora todos os alunos tenham respondido a questão 3 do pós-teste corretamente, apenas dez alunos justificaram corretamente a questão, marcando a

alternativa "Estes são todos os táxons que compartilham um ancestral comum mais recente." Os outros quatro alunos (P5), mesmo tendo acertado o clado na questão anterior, deram justificativas incorretas, sendo que ainda houve alunos justificando com base apenas em ancestralidade comum. Chama a atenção que aqui novamente as respostas incorretas foram todas dadas por alunos do quinto período, denotando uma dificuldade maior destes alunos para se compreender o conceito de clado.

Questão 4: Também avaliava se o aluno era capaz de analisar corretamente relações de parentesco entre grupos.

Pré-teste: Apenas três alunos (2 P7 e 1 P9) acertaram.

Pós-teste: Sete alunos (6 P5 e 1 P7) ainda responderam incorretamente, mesmo depois da oficina, onde o tema de relações entre grupos foi bastante trabalhado. Estes sete alunos responderam que apenas em um ou dois dos cladogramas G e K estão mais próximos entre si do que de M, o que sugere fortemente alunos lendo o cladograma pelos terminais, considerando a proximidade visual no cladograma como sinônimo de grupos mais próximos entre si. O grande número de erros para esta questão, sendo que praticamente todos eles acertaram a segunda questão (também sobre relações de parentesco entre grupos), sugere que os alunos tenham tido dificuldade em compreender o enunciado desta questão em particular. De fato, no momento da correção com os alunos, após a entrevista, muitos não tinham compreendido o que havia sido pedido devido à forma que a questão foi escrita.

Questão 5: Avaliava novamente se os alunos conseguiam identificar um clado na presença de uma politomia.

Pré-teste: Cinco alunos (3 P5 e 2 P7) marcaram a resposta correta (apenas os dois grupos marcados não formam um clado), porém os demais consideraram erroneamente que os dois grupos formam um clado. Entretanto, dado o grande número de erros na justificativa dos alunos (questão 5.1 pré-teste abaixo),

entendemos que outros motivos que não a clara compreensão do conceito de clado levaram os cinco alunos a responderem corretamente.

Pós-teste: Todos os alunos responderam corretamente a questão.

Questão 5.1: Solicitava uma justificativa para a questão anterior.

Pré-teste: Apenas um aluno (P7) dentre os cinco que acertaram a questão 5 deram a justificativa correta (de que nem todos os descendentes do ancestral comum mais recente estão incluídos e por isso não formam um grupo natural).

Pós-teste: Onze alunos (3 P5, 6 P7 e 2 P9) justificaram corretamente que não se tratava de um grupo natural devido ao fato de nem todos os descendentes do ancestral comum mais recente estarem incluídos. Os três alunos (3 P5) que erraram a questão responderam que se trata de um caso de evolução convergente, sendo todos eles alunos do quinto período, que demonstraram no geral maior dificuldade na compreensão dos conceitos para a correta interpretação dos cladogramas.

Questão 5.2: Solicitava que o aluno listasse os táxons integrantes do menor clado possível de ser formado com os organismos na questão anterior, caso o aluno tivesse considerado que esses não formavam um grupo sozinhos.

Pré-teste: Apenas um aluno (P7) acertou a questão, justamente o aluno que afirmou ter facilidade na interpretação de cladogramas. Os outros quatro alunos que responderam corretamente que os organismos não formavam um clado na questão anterior não responderam corretamente qual seria o clado.

Pós-teste: Nove alunos responderam corretamente o menor grupo natural que compreendia besouros e crisopídeos (todos os descendentes do ancestral comum mais recente destes dois organismos).

Questão 6: Deveriam fazer uma inferência a partir das relações mostradas no cladograma.

Pré-teste: Cinco alunos (2 P5, 2 P7 e 1 P9) de períodos diferentes erraram, não observando o mesmo padrão notado nas questões anteriores. A capacidade de realizar uma inferência (determinar qual táxon tem maior probabilidade de apresentar determinado caráter baseado na presença deste caráter em outro táxon) é considerada por Novick e Catley (2013) como uma das habilidades a serem desenvolvidas no estudo da filogenia. No teste desenvolvido por elas, esta questão era acompanhada de outra que averiguava a razão da escolha feita pelo aluno e as autoras encontraram que diversos alunos responderam com base em conhecimentos prévios dos organismos e não com base no cladograma. Dentre as respostas incorretas dadas pelos alunos no presente trabalho, dois responderam nenhum, sendo que um respondeu "que eu saiba, nenhum outro." Esta segunda resposta de fato mostra que o aluno buscou a resposta em seus conhecimentos prévios e não no cladograma, como observado pelas autoras. Ainda, dois alunos responderam "formiga", um táxon que não tem uma relação próxima aos cupins no cladograma, mas que apresenta uma semelhança morfológica aos mesmos, ou seja, outra resposta possivelmente baseada nos conhecimentos prévios do aluno.

Pós-teste: Treze alunos responderam corretamente, indicando uma boa compreensão da realização de inferências baseado nas informações fornecidas pelo cladograma.

Questão 7: Abordava evolução convergente.

Pré-teste: Dez alunos acertaram, e os alunos que erraram se encontravam em diferentes períodos (2 P5 e 2 P7).

Pós-teste: Treze alunos acertaram, e apenas um (P7) demonstrou não ter compreendido o conceito de evolução convergente. A compreensão de que semelhanças encontradas em diferentes organismos não são necessariamente sinônimo de parentesco é de grande importância para a compreensão das novas

formas de classificação dos organismos, baseadas em relações de parentesco evolutivo e não em semelhanças.

Questão 8: Buscava verificar se o aluno era capaz de identificar um subgrupo de táxons que compartilham determinada característica presente no cladograma, ou seja, quais clados compartilham um ancestral comum mais recente que possui aquela característica. A importância de saber identificar quais táxons compartilham um mesmo ancestral comum mais recente é que estes táxons formam o que denominamos de grupo natural (NOVICK; CATLEY, 2013) e este tipo de grupo é o atualmente utilizado para a classificação dos organismos baseada em evidências evolutivas.

Pré-teste: Onze alunos acertaram, evidenciando serem capazes de compreender que o surgimento de uma característica em um ancestral é indicativo de sua presença nos seus descendentes. Duas das três respostas incorretas foram de alunos do quinto período.

Pós-teste: Dois alunos (1 P5 e 1 P7) erraram esta questão, sendo que um deles havia acertado a mesma questão no pré-teste.

PARTE II - Questões sobre vivência e sentimentos com relação ao ensino de filogenia

Quando questionados sobre seu primeiro contato com a filogenia, dez estudantes (3 P5, 5 P7 e 2 P9) responderam que seu primeiro contato se deu no ensino superior, um (P5) respondeu que teve uma prévia no ensino médio e três (2 P5 e 1 P7) não responderam.

A maioria dos alunos da oficina não teve a experiência de estudar filogenia na educação básica, entretanto, serão demandados, como futuros professores, que trabalhem o tema neste nível. Há dois aspectos importantes a serem considerados quando pensamos no papel desempenhado pela experiência escolar na formação de

futuros docentes: (1) que a experiência enquanto aluno faz parte da formação do professor (TARDIFF, 2002), e pode influenciar a forma como o mesmo escolhe abordar um determinado assunto e desta forma, a falta de uma referência para a abordagem do tema neste nível de ensino pode ser um ponto negativo; (2) que quem não estudou uma base de filogenia no ensino médio, teve provavelmente um ensino de biologia tradicional, apresentado de uma forma estática, com modelos de classificação fixistas, que não levavam em consideração a evolução (AMORIM, 2008). Quando esses alunos chegam no ensino superior e se deparam com uma classificação e uma forma de abordagem de conteúdos pautadas na evolução dos organismos, diferente do que estudaram no ensino médio sentem muita dificuldade pois lhes falta base de conhecimento. Por outro lado, se o assunto for trabalhado de forma muito superficial ou errônea, essa base no ensino médio pode não fazer muita diferença. Por exemplo, a resposta do único aluno que teve contato com filogenia no ensino médio foi: *No ensino médio tive uma prévia do que era filogenia, mas não teve grandes aprofundamentos. Meu maior contato foi no ensino superior, achei um pouco complexo e tenho dificuldades para interpretar o cladograma.*

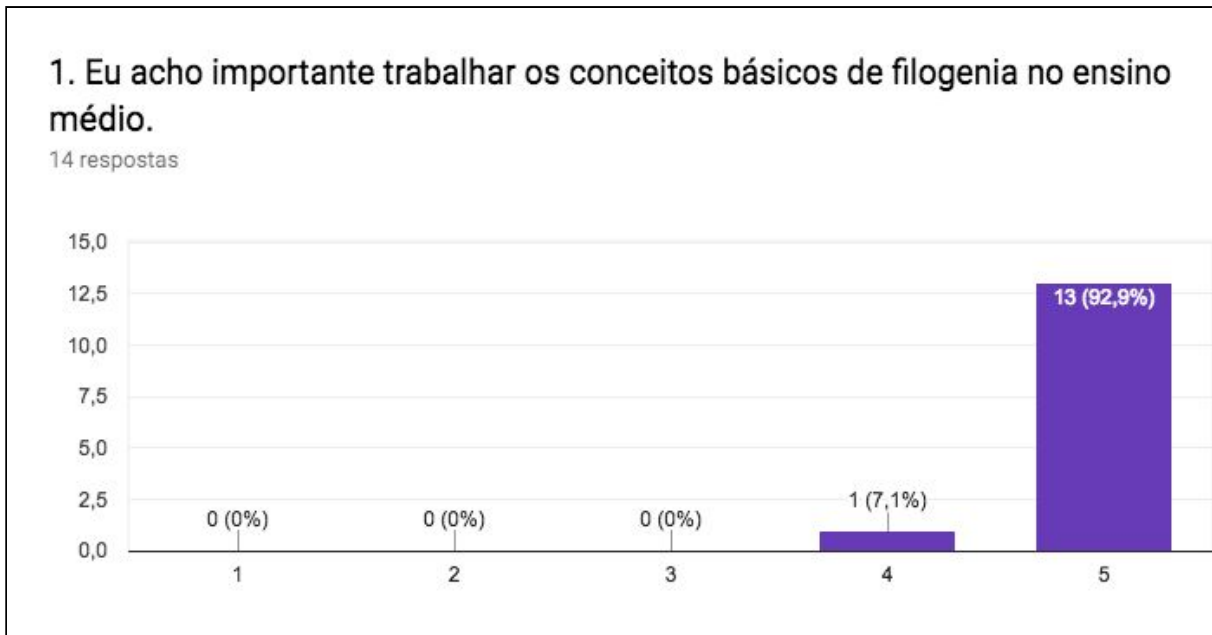
Quando questionados sobre suas facilidades ou dificuldades com o assunto em seu primeiro contato, os alunos mencionaram as seguintes palavras e expressões: *difícil, confuso, complexo, complicado, extremamente interessante e igualmente difícil, enorme dificuldade, me causa um desconforto*. Consideramos estas palavras ou expressões normais, por se tratar de um primeiro contato com um tema tão novo. Entretanto, quando questionamos sobre suas facilidades ou dificuldades com a filogenia atualmente, ou seja, no quinto, sétimo ou nono período do curso de licenciatura em Ciências Biológicas, onze alunos ainda mencionaram dificuldades com o assunto. É possível que essa grande quantidade de alunos com dificuldades se deva à nossa amostra em um grupo de alunos que voluntariamente escolheu participar do curso (a escolha pode ter se dado em função justamente destas dificuldades percebidas por eles) ou devido à forma com que a filogenia tem sido trabalhada com estes alunos.

Chamou a nossa atenção o fato de alunos que disseram ainda ter "um pouco de dificuldade" ou "algumas dificuldades" terem acertado apenas entre duas e sete

questões em doze na avaliação conceitual. Além disso, três alunos mencionaram facilidade em compreender a filogenia atualmente, sendo que destes, um acertou oito questões, um aluno acertou quatro e o um acertou apenas três questões. Ou seja, são alunos que acreditam compreender como se interpreta um cladograma, mas não compreendem de fato. Nestes casos, o provável é que o futuro professor aborde o assunto trazendo erros conceituais para os alunos, uma vez que ele mesmo não apresenta estes conhecimentos agregados à sua estrutura cognitiva (LOPES; VASCONCELOS, 2012).

Quando questionados sobre a importância atribuída ao ensino da filogenia no ensino médio, treze alunos concordam totalmente e um aluno concordou parcialmente com a afirmação que consideram importante trabalhar os conceitos de filogenia (Figura 1), sendo que no pós-teste, 100% dos alunos concordaram totalmente com a mesma afirmação. Assim, não foi observada mudança relacionada à oficina para esta questão, uma vez que as respostas anteriores ao curso já foram bastante positivas no sentido de os alunos perceberem a importância da filogenia. Entretanto, cabe ressaltar que reconhecer a importância do assunto não implica em abordá-lo. Lopes e Vasconcelos (2014), em uma pesquisa com vinte professores da rede pública de Pernambuco encontraram que 80% dos professores classificam a Filogenia como *muito importante* para a compreensão da biodiversidade enquanto 20% consideram-na *pouco importante*. Quando os mesmos professores foram questionados se contemplavam conteúdos relacionados à Sistemática Filogenética nas aulas de Biologia, apenas 25% dos professores afirmaram positivamente. Os demais professores, que responderam não abordar o assunto, justificaram que não dominam o assunto (50%) ou que o tema é muito complexo para os estudantes (50%).

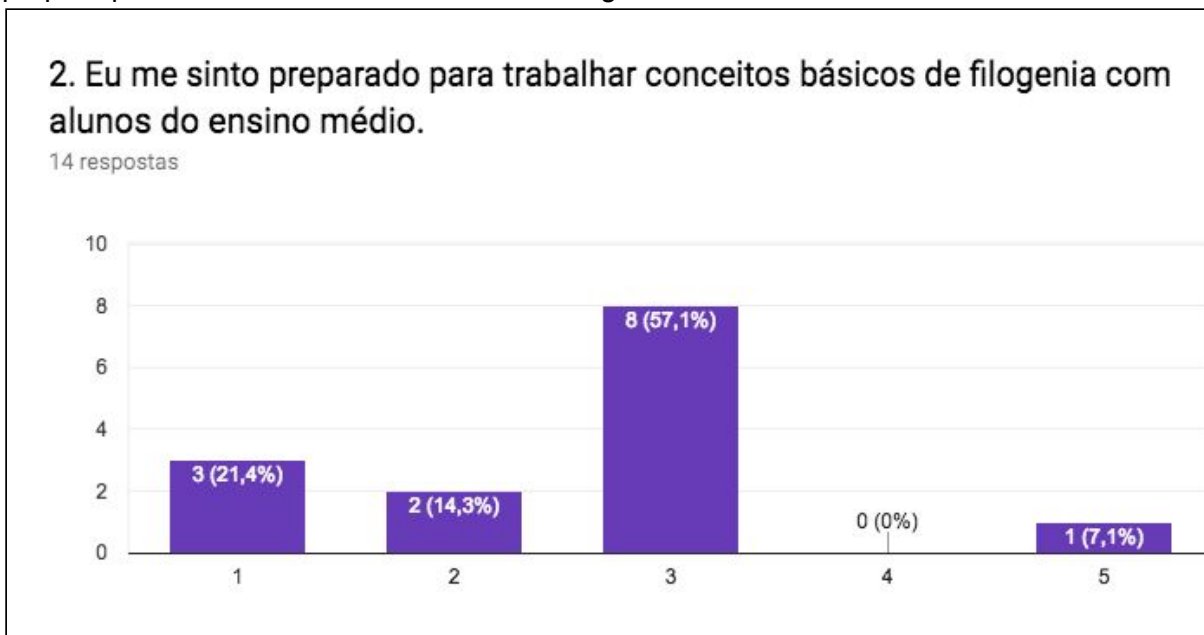
Figura 1: Questão do **pré-teste** acerca da importância atribuída pelos alunos ao ensino de conceitos básicos de filogenia no ensino médio.



Fonte: Gerado pelo google forms a partir dos dados coletados

Apesar da importância atribuída pelos alunos ao ensino de filogenia, no pré-teste apenas um deles (P7) concordou com a afirmação *Eu me sinto preparado para trabalhar a interpretação de cladogramas com alunos do ensino médio* demonstrando assim se sentir preparado para trabalhar este assunto no ensino médio (Figura 2). O mesmo aluno, que também respondeu ter facilidade no tema, embora tenha tirado a maior nota no pré-teste (8/12) errou uma questão de interpretação de cladogramas, justificando a sua resposta na proximidade visual entre os grupos, ou seja, um erro comum entre estudantes que não compreenderam como interpretar corretamente um cladograma (GREGORY, 2008). Outro aluno (P7) que alegou ter facilidade com o tema também não conseguiu determinar corretamente uma relação de parentesco apresentada no cladograma, baseando a sua análise em compartilhamento de características em comum, ou seja, em semelhança entre organismos, outro erro comum segundo Gregory (2008).

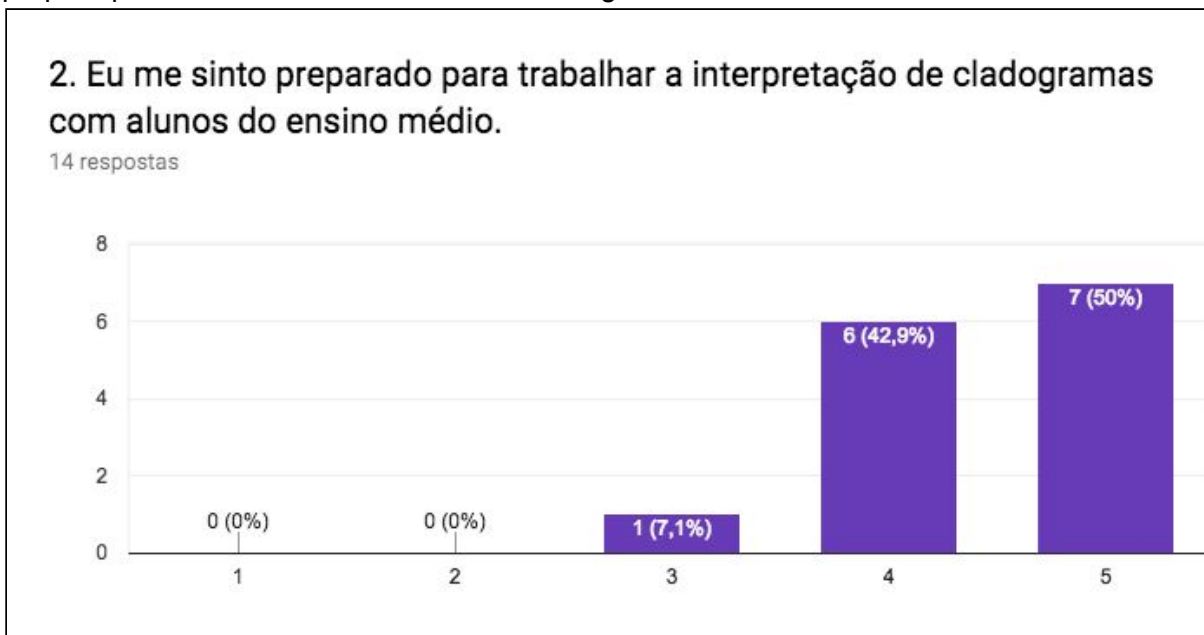
Figura 2: Questão do **pré-teste** acerca do sentimento dos alunos com relação ao seu preparo para ensinar conceitos básicos de filogenia no ensino médio.



Fonte: Gerado pelo google forms a partir dos dados coletados

No pós-teste, subiu para treze o número de alunos que concordou parcial ou totalmente com a afirmação sobre se sentir preparado para trabalhar filogenia no ensino médio (Figura 3). Sendo assim, doze dos quatorze alunos participantes mudaram sua resposta no sentido de terem passado a se sentir preparados para abordar a filogenia no ensino médio, sendo que um aluno já se sentia preparado antes da oficina. Um único aluno não mudou a sua resposta após a oficina para esta questão, atribuindo a resposta neutra nas duas ocasiões.

Figura 3: Questão do **pós-teste** acerca do sentimento dos alunos com relação ao seu preparo para ensinar conceitos básicos de filogenia no ensino médio.



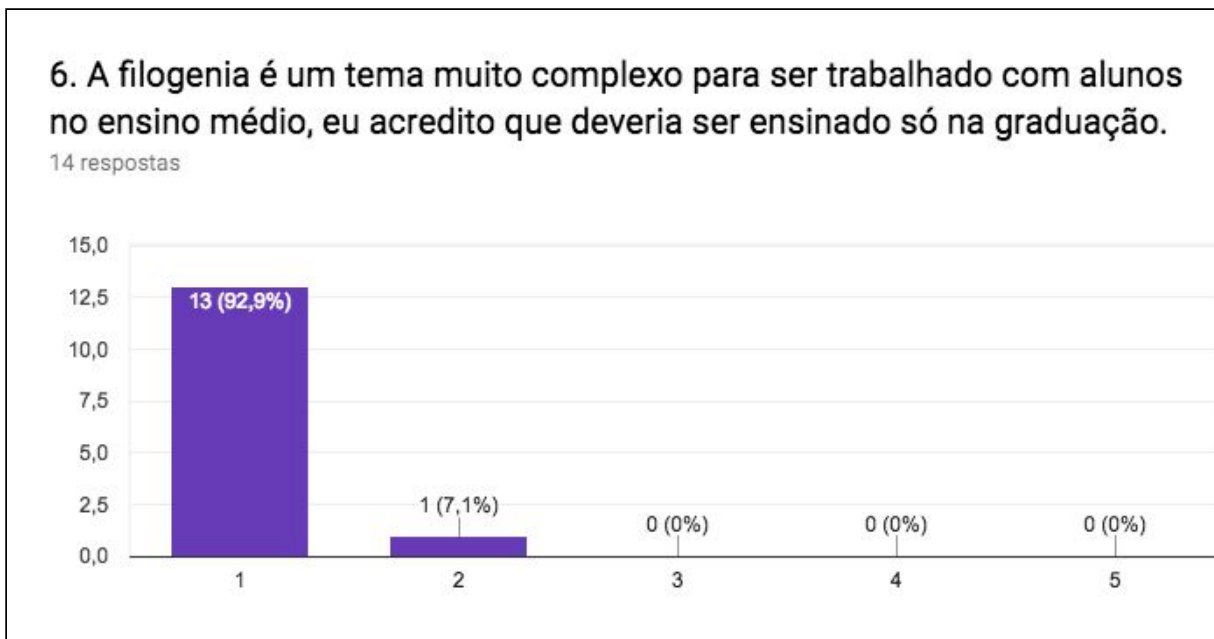
Fonte: Gerado pelo google forms a partir dos dados coletados

Pode-se dizer, com base nestes dados, que a oficina, enquanto ação pontual de formação influenciou os alunos em seu sentimento de preparo para lecionar o tema. Esse é, sem dúvida um resultado esperado da oficina, preparar o aluno de licenciatura para trabalhar a filogenia na educação básica. Entretanto, o fato de o aluno se sentir preparado não quer dizer que ele esteja de fato preparado, que ele tenha domínio do conteúdo, e que saiba transformar este conhecimento para torná-lo acessível aos alunos. Por exemplo, três alunos da oficina que concordaram parcialmente com a afirmação acima não fizeram 60% dos pontos do teste conceitual. Por outro lado, todos os alunos que concordaram totalmente com a afirmação fizeram acima de 75% no teste conceitual, demonstrando uma boa compreensão do assunto.

Apesar de suas próprias dificuldades, apontadas no questionário, os alunos que participaram da oficina acreditam que o tema não é complexo demais para ser trabalhado no ensino médio, discordando parcial (um aluno - P7) ou totalmente (13 alunos) da afirmação *“A filogenia é um tema muito complexo para ser trabalhado com alunos no ensino médio, eu acredito que deveria ser ensinado só na graduação.”* (Figura 4). O resultado no pós-teste quase não se alterou para esta

questão, com apenas um aluno mudando da discordância para o neutro. Esse resultado difere do encontrado por Lopes e Vasconcelos (2014), onde 50% dos professores consideraram a filogenia um assunto muito complexo para os estudantes do ensino médio e com isso justificaram o fato de não abordarem o conteúdo. Essa divergência pode estar relacionada a diferenças na formação. Embora estes alunos tenham dificuldades no assunto, este foi recentemente estudado e em mais de uma disciplina ao longo de sua formação (segundo relatos nas entrevistas). Muitos professores mais antigos, entretanto, sequer estudaram filogenia em sua formação inicial, o que pode contribuir para acharem o tema mais complexo do que realmente é. Por outro lado, dentre os professores que tiveram formação a respeito, é possível que o tempo desde a formação possa dificultar o resgate dos conceitos aprendidos, ou que eles tenham de fato tentado abordar os conteúdos e não tenham tido sucesso. Neste segundo caso, cabe lembrar que o domínio do conteúdo não implica necessariamente em facilidade para transpor o mesmo. Nesse momento é que se faz necessário o PCK do professor, ou o seu conhecimento de como tornar esse conhecimento acessível aos alunos (SHULMAN, 1986). Assim, em função da dificuldade inerente ao conteúdo, acreditamos que este mereça uma atenção especial durante a formação, discutindo-se as dificuldades dos alunos na área.

Figura 4: Questão do pré-teste sobre a filogenia ser um tema muito complexo para ser trabalhado no ensino médio.



Fonte: Gerado pelo google forms a partir dos dados coletados

Quando questionados sobre terem tido aulas na licenciatura que os preparou especificamente para ensinar filogenia, as respostas foram bastante variadas, com sete alunos discordando parcial ou totalmente, quatro alunos concordando parcial ou totalmente e três alunos se posicionando de forma neutra (Figura 5). Assim, é importante compreender melhor o que o aluno considera importante para o seu preparo para lecionar um determinado assunto (conteúdo, sugestões de materiais ou práticas por exemplo). Uma possibilidade seria que alunos de diferentes períodos tenham tido aulas com professores distintos, e assim alguns tenham tido conteúdos diferentes dos demais, entretanto, foi observada variação entre a nota dada pelos alunos de um mesmo período, o que é um indicativo de diferentes perspectivas de cada aluno sobre o conhecimento que o prepara para dar aulas.

Figura 5: Questão do pré-teste sobre o que os licenciandos consideram importante em sua formação voltada para o ensino da filogenia.



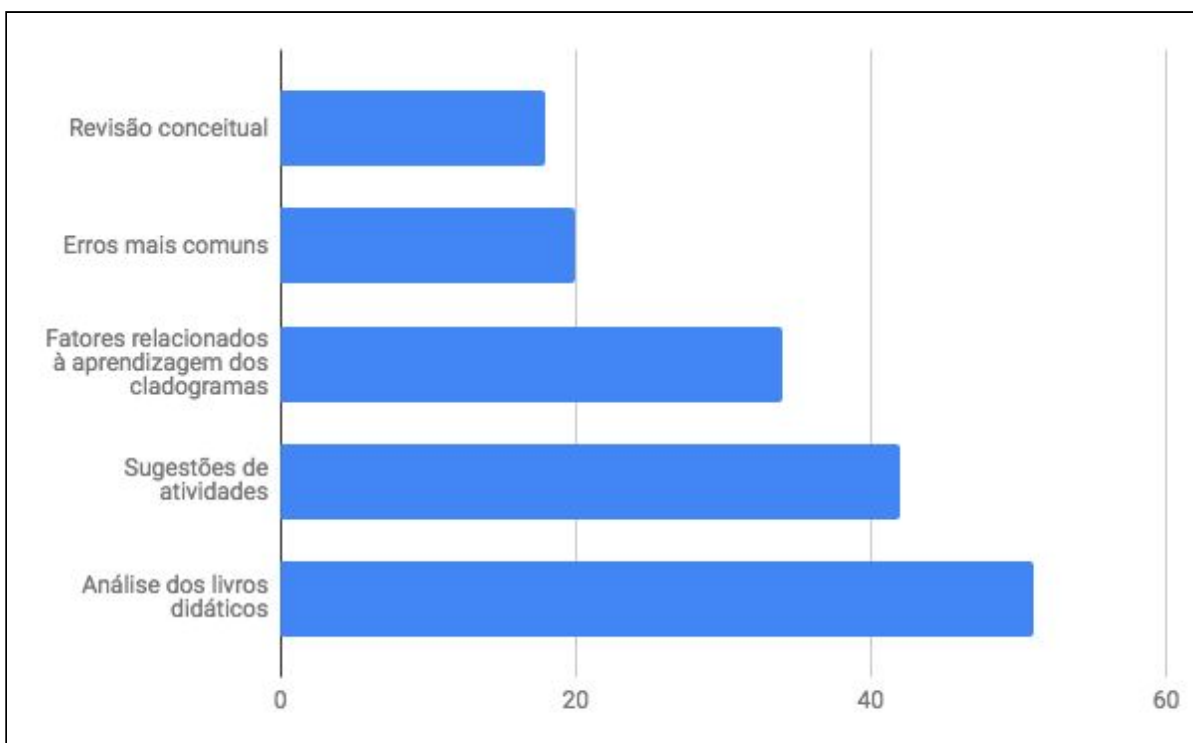
Fonte: Gerado pelo google forms a partir dos dados coletados

Para tentar esclarecer a questão acima, foi feita uma pergunta na entrevista para saber o que os alunos consideram importante em sua formação voltada para o ensino da filogenia. Obtivemos, respostas bastante diferentes entre os alunos também nas entrevistas. Enquanto alguns acreditam que a base conceitual é o mais importante, outros sentiram falta de uma abordagem mais pedagógica dos conteúdos. Um aluno (P9) inclusive comentou que mesmo essa abordagem pedagógica não sendo trabalhada em sala de aula pelo professor, o fato de eles precisarem fazer, em algumas disciplinas, trabalhos de pesquisa sobre o ensino em determinada área ou precisarem pensar em estratégias de ensino já ajuda bastante. Ainda, alguns alunos explicitaram a necessidade de se trabalhar os dois aspectos, a parte conceitual e a parte pedagógica para que consigam se sentir preparados para trabalhar um determinado conteúdo. Segundo Shullman (1986), é importante a inclusão de conhecimentos acadêmicos, advindos de pesquisas sobre as concepções errôneas de estudantes e sobre o que é necessário para superar e transformar essas concepções iniciais. Embora parte do conhecimento pedagógico de conteúdo seja formado com a experiência, é possível e desejável começar a desenvolver essa base de conhecimento durante a formação dos alunos.

Para Fernandez (2011), o estudo do PCK e a sua explicitação durante a formação inicial de professores pode auxiliar os licenciandos em seu processo formativo uma vez que essa explicitação ajuda o aluno a se tornar consciente dos elementos necessários a serem buscados em cada conteúdo. Ao mesmo tempo, o estudo do PCK também pode ajudar os professores dos cursos de licenciatura a preparar um currículo voltado para essa formação plena. Nessa oficina, o conceito de PCK e seus componentes não foi abordado de forma explícita, uma vez que quando a oficina foi oferecida, embora já fosse sentida a necessidade de serem trabalhadas algumas questões além do conteúdo de filogenia em si, ainda não conhecíamos o aporte teórico relacionado ao PCK. Dadas as possíveis vantagens dessa abordagem, consideramos que seria interessante uma oficina futura explicitando o referencial teórico do PCK. Assim, uma proposta de oficina com base no desenvolvimento do PCK para a área está em processo de elaboração.

O PCK é específico para cada tópico e para cada público. Embora não seja possível preparar os novos professores para cada grupo de alunos que encontrarão nem para cada tópico que irão lecionar, é possível dar exemplos específicos de PCK para tópicos específicos e assim lhes dar a ferramenta para desenvolver o PCK para as diferentes áreas (ROLLNICK; MAHUNGA, 2017). Com base na última questão da entrevista, onde os alunos atribuíram uma pontuação para cada tópico abordado na oficina, foi elaborado um *ranking* das questões de acordo com a soma da pontuação atribuída pelos alunos a cada tópico (Figura 6). Percebe-se que o tópico considerado mais importante pela maioria dos alunos foi a revisão conceitual (os tópicos considerados mais importantes deveriam receber as menores numerações). Esse resultado, juntamente com a questão da entrevista acerca do que levou os alunos a procurarem a oficina, nos diz muito sobre a dificuldade percebida pelos próprios estudantes com este conteúdo. Diversos alunos responderam na entrevista que procuraram a oficina para tentar compreender melhor a filogenia, para conseguirem acompanhar melhor as aulas, ou a leitura e discussão de artigos por exemplo.

Figura 6: Ranking dos assuntos abordados na oficina de acordo com a importância atribuída pelos alunos na entrevista.



Fonte: Gerado pelo google forms a partir dos dados coletados

Um aspecto importante dos erros comuns para um determinado tópico, é justamente o fato de serem comuns, e assim cometidos por um grande número de pessoas ao aprenderem aquele tópico. Conforme já apresentado anteriormente, a interpretação de filogenias envolve muitos destes erros e, para Sadler e colaboradores (2013), o fato de os professores cometerem esses equívocos ou de sequer estarem cientes de que seus alunos os cometem, pode comprometer suas tentativas de ensinar conceitos importantes. Estes pesquisadores encontraram que, para tópicos com alto índice de erros, professores que têm conhecimento dos mesmos têm melhores resultados no ensino. Assim, por exemplo, se o professor sabe que um erro comum entre os estudantes na leitura dos cladogramas é considerar a semelhança entre os organismos como indicativo de parentesco entre eles, ele terá maior sucesso em ensinar este conteúdo aos seus estudantes do que os professores que desconhecem esse erro comum cometido pelos estudantes.

De forma geral, a oficina foi capaz de melhorar os resultados dos estudantes em termos conceituais. Entretanto, percebemos resultados melhores no efeito da oficina sobre os alunos das turmas de sétimo e nono períodos. Como mencionado

anteriormente, mesmo após a oficina, os erros persistiram em maior quantidade nos alunos de quinto período. Considerando: (1) que a oficina não teve como foco principal a base conceitual em filogenia, mas sim, uma breve revisão desta base com intenso trabalho com elementos do PCK para a área e (2) a importância do conhecimento do conteúdo para a formação do PCK, este resultado é de fato esperado e aponta para a necessidade de um trabalho mais aprofundado no conteúdo com alunos que não tenham esta base sólida.

Há ainda outros fatores a serem considerados para explicar essa diferença observada nos resultados entre os períodos. Um deles é que, segundo Cromley e colaboradores (2013) no que concerne a observação de detalhes em diagramas, os novatos se distraem com detalhes não importantes e falham em perceber características importantes. Ou seja, quanto maior a maturidade do aluno, maior é a sua capacidade de percepção para os detalhes presentes nos diagramas.

Novick e Catley (2013), ao avaliarem a influência de diferentes fatores sobre a competência no pensamento filogenético encontraram um resultado semelhante, onde um dos fatores que afetam o desempenho dos estudantes é sua base em biologia, medida pelo número de cursos já realizados na área. As autoras sugerem que este efeito possa ser devido à exposição a conceitos de macroevolução e de cladogramas ao longo do curso. Acreditamos que o resultado diferenciado entre turmas de períodos distintos seja um indicativo do quão difícil é para os alunos internalizar os conceitos necessários para se interpretar um cladograma corretamente e que este assunto precisa ser trabalhado ao longo do curso, não apenas em uma disciplina específica.

Avaliação da oficina

Além da avaliação conceitual do pós-teste, foi solicitada uma avaliação estrutural da oficina. Com relação ao que foi aprendido, quatro alunos disseram que a oficina esclareceu suas dúvidas sobre o assunto e cinco alunos mencionaram ganhos com relação ao aprendizado para ensinar o assunto, citando os materiais didáticos, as

atividades e o conhecimento dos erros. Por outro lado, três alunos deram destaque em suas falas ao quanto aprenderam de filogenia, sem qualquer relação com o ensino; um aluno mencionou ampliação no seu conhecimento, outro mencionou a modificação de conceitos que antes estavam errados e um mencionou o quanto seus novos conhecimentos irão ajudar em disciplinas futuras.

Com relação às sugestões, dois alunos citaram ampliar a carga horária do curso, um mencionou oferecer a oficina a professores em atividade e outro sugeriu oferecer aos alunos ingressantes no curso. Assim, os alunos viram de forma positiva a oficina, considerando seu potencial para além de ampliação em seu conhecimento teórico, um apoio ao ensino na área.

Com relação à sugestão de ampliação da carga horária do curso, entendemos que as dúvidas dos alunos são muitas, mas uma grande dificuldade é conciliar horários compatíveis para todos os estudantes. Quanto mais se aumenta a carga horária do curso, mais difícil é de se encontrar um horário disponível para que a maioria dos estudantes possa participar. Por outro lado, a oficina foi planejada como uma forma de se pensar em uma remediação de uma situação observada de dificuldades dos alunos do curso de licenciatura da UFES de São Mateus, mas consideramos que idealmente este conteúdo precisa ser mais trabalhado ao longo de todo o curso.

A sugestão de se ofertar a oficina aos professores em atividade vai de encontro a uma necessidade apontada por Coswosk (2014), Lopes e Vasconcelos (2014) e também por Coutinho (2013). Nessa perspectiva, o oferecimento da presente oficina possibilitou avaliar a sua contribuição para a construção do conhecimento da área dos estudantes e também as partes que os alunos consideraram mais importantes da mesma. Desta forma, pode-se planejar oficinas menores de acordo com a disponibilidade dos docentes. Com base nos resultados obtidos (Figura 6), poderíamos sugerir uma oficina de um dia que contemple uma revisão conceitual do assunto, as dificuldades mais comuns dos alunos e os fatores que influenciam na aprendizagem dos cladogramas. É interessante destacar que nesse caso deixaríamos de lado as atividades relacionadas ao tema e a avaliação crítica dos

livros didáticos, que os alunos consideraram menos importante que os demais assuntos

Já com relação à oferta da oficina aos alunos ingressantes no curso, acreditamos que talvez um trabalho mais intenso com a sistemática filogenética no começo do curso seja necessário. Outro público alvo importante seria os professores das licenciaturas. Alguns deles sequer sabem que a filogenia já é assunto a ser trabalhado no ensino médio. Outros não tiveram formação nesta área e trabalham a diversidade e a classificação dos organismos ainda em uma abordagem fixista, além de usarem uma linguagem que reflete esta visão de mundo estático. Acreditamos que uma inserção mais forte da filogenia no começo do curso ajude os alunos a conseguirem compreender essas diferentes visões de mundo e a buscar informações mais atualizadas nas diferentes áreas da biologia.

Entrevista

Algumas questões da entrevista tiveram por objetivo esclarecer dúvidas com relação às questões presentes no questionário, e em função disso, parte dos resultados já foi apresentada nos tópicos anteriores. Além destas questões, houve uma avaliação sobre se a assimilação dos conceitos básicos da sistemática filogenética foi suficiente para que os licenciandos compreendessem sua importância no ensino de ciências. Assim, foi perguntado aos alunos qual é a importância dos conceitos básicos da filogenia para o ensino da biologia no ensino médio e se a oficina foi capaz de mudar a sua percepção da importância da filogenia no ensino de biologia. Quatro alunos demonstraram que conseguem ver claramente a importância da filogenia como um tema unificador no ensino de biologia. Dentre estas respostas temos:

"Com a filogenia você consegue ver o todo. Não é tudo separado, jogado, a biologia tá tudo junto."

"Então eu acho que é importante, tem essa parte de integrar, é uma parte que pode unir o resto da matéria. É interessante."

Um aluno chamou a atenção para o ensino de forma sequencial, sem relacionar os grupos, e de como a filogenia ajuda a compreender melhor esta relação *"Primeiro você estuda um grupo, depois o outro, depois o outro, depois o outro... A gente não conseguia entender, assim, parece que um grupo depois o outro, mas não foca a relação entre eles. Aí eu acho que depois que a gente começa a entender um pouco de filogenia, muita coisa que a gente tinha dúvida, que a gente não compreendia lá, a gente consegue entender melhor (...)"*.

Por fim, uma aluna ressaltou a importância de se trabalhar a filogenia nas diferentes disciplinas *"(...) a filogenia pode ser abordada em todas as disciplinas da biologia, não é realmente só ver filogenia em evolução, só em genética, não, a gente pode ver filogenia numa botânica, de uma outra coisa, e isso é interessante."*

Destes alunos, dois afirmaram ter essa visão após a oficina, enquanto os dois outros não responderam especificamente se tiveram essa percepção em função da oficina ou antes dela.

Por outro lado, outras respostas apontam para a não compreensão da importância da filogenia para o ensino da biologia. Uma aluna claramente não conseguiu ver a filogenia para além do ensino de evolução propriamente dito, e alguns deram outras razões para justificar a sua importância.

Um aluno entendeu que a importância da filogenia é dar uma ideia de linha do tempo: *"é você dar noção pro aluno que quem é que surgiu primeiro, né, se tal grupo animal veio primeiro do que o outro, dá esse tipo de localização na história."*

Entretanto, quais táxons terminais são mais antigos ou mais recentes são informações que não estão presentes nos cladogramas (OMLAND; COOK: CRISP, 2008). Pode-se falar em características que surgiram antes ou depois de outras mas não em táxons. Assim, consideramos que esta propriedade dos cladogramas que gera dificuldade entre os alunos (EDDY et al., 2013) e mesmo entre pesquisadores (OMLAND; COOK: CRISP, 2008) deva ser explicada de forma mais explícita.

Um aluno (P5) justificou a importância de se trabalhar a filogenia em função da presença do conteúdo nos livros didáticos e da cobrança feita pelos alunos ao

professor ao verem o assunto no livro. Finalmente, três alunos que responderam a entrevista em um mesmo grupo afirmaram que é importante ensinar filogenia no ensino fundamental e médio para o aluno ter uma base, pois alegam ter tido muita dificuldade com este e outros temas em virtude de uma base fraca. Assim, estes alunos não parecem ter compreendido a importância do tema para o ensino de biologia, embora considerem o assunto importante.

Podemos dizer que, embora alguns alunos tenham compreendido a importância da filogenia como um eixo integrador no ensino de biologia, juntamente com a evolução, outros não tiveram esta mesma compreensão. Cabe dizer que o assunto não foi abordado de forma direta na oficina e assim a questão na entrevista foi feita para determinar a necessidade ou não de uma abordagem mais explícita. Assim, em função dos resultados, sugerimos uma abordagem mais direta e explícita também para a importância da filogenia no ensino da biologia. Embora o professor possa ter essa visão muito clara, devido ao seu conhecimento mais amplo de toda a biologia, e a sua capacidade de ver o todo, o aluno muitas vezes foca apenas nos taxa como se fossem entidades distintas e não consegue perceber que todos os grupos de seres vivos estão conectados através da evolução (STAUB; PAUW; PAUW, 2006)

A apresentação de resultados de pesquisas sobre o ensino de filogenia e a discussão de formas de usar estes resultados na hora de preparar e ministrar suas aulas foi bastante positiva uma vez que ajudou os alunos a pensarem o ensino de filogenia, mas também foi importante na organização e reestruturação da sua base conceitual. Os alunos passaram a reconhecer erros que eles mesmo cometiam na interpretação dos cladogramas e assim conseguiram resignificar o seu conhecimento. A apresentação de propostas de atividades e recursos para o ensino de filogenia chamou a atenção dos estudantes, que ficaram motivados especialmente pelo material didático tridimensional que foi construído com eles na oficina. Muitos ficaram fascinados por conseguirem compreender pela primeira vez como de fato funcionava um cladograma e participaram ativamente da oficina tirando suas dúvidas. Os alunos que fizeram a oficina já faziam ideia da importância de se trabalhar a filogenia no ensino médio, mas, exceto um deles, não se sentiam preparados para tal tarefa antes da oficina. A compreensão do assunto, aliada a

ideias de materiais e outras atividades deixou os alunos de forma geral mais confiantes em sua capacidade de trabalhar o mesmo com alunos do ensino médio.

Após a avaliação da oficina, consideramos alguns momentos da mesma cansativos por terem sido muito expositivos. Além disso, a apresentação das propostas de atividades foi bastante rápida em virtude do pouco tempo disponível ao final da oficina. Levando esses aspectos em consideração, dentro do contexto de pesquisa-ação em desenvolvimento, foi elaborada uma segunda versão da oficina (não relatada aqui), desta vez com carga horária reduzida para 8 horas. Nesta versão também sentimos necessidade de discutir o PCK explicitamente com os alunos e trabalhar as informações do curso dentro desta matriz teórica. Utilizamos a atividade "História natural de você" (APÊNDICE 2) e a leitura e discussão do artigo "Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética – I" (SANTOS; CALOR, 2007a), para levantar a questão da importância da filogenia para o ensino de biologia de forma mais explícita e participativa. Além disso, outras atividades apenas apresentadas na primeira oficina (APÊNDICE 2) foram desenvolvidas com os estudantes como meio para trabalhar a interpretação e a construção de um cladograma. Esta segunda oficina nos deixou satisfeitos com relação à forma escolhida para a apresentação do conteúdo porém tivemos dificuldades em agendar uma data com os estudantes, tendo assim um público participante muito pequeno. Outra dificuldade encontrada foi aplicar a ferramenta de avaliação do PCK, o CoRe (Representação de conteúdos) (LOUGHRAN; MULHALL; BERRY, 2004). Por fim, consideramos a matriz teórica do PCK muito apropriada para se trabalhar o ensino de filogenia para futuros professores e sugerimos que futuros trabalhos explorem este aporte teórico.

Conclusão

A oficina desenvolvida atendeu aos objetivos propostos. O fortalecimento da base conceitual em filogenia de alunos de licenciatura em Ciências Biológicas é de grande

importância pois sem essa base não é possível para o futuro professor uma adequada mediação para a correta interpretação de um cladograma.

Podemos dizer que esta oficina traz uma abordagem diferenciada, trabalhando o pensamento filogenético não só sob uma perspectiva conteudista, mas enfatizando aspectos do conhecimento pedagógico de conteúdo para tema. Neste contexto, foram apresentados resultados de pesquisa aos alunos com o objetivo de lhes permitir tomar decisões na hora de abordar o conteúdo pautadas em evidências científicas.

A oficina teve como foco principal a interpretação dos cladogramas, uma habilidade fundamental, dadas as mudanças ocorridas na forma de enxergar o mundo biológico. Por outro lado, considerando que a construção de cladogramas pode ajudar os estudantes na compreensão da sua natureza hipotética e também considerando as recomendações do Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio + (PCNEM+) (BRASIL, 2002), seria interessante ampliar o foco da oficina, abrangendo também o trabalho com a construção de cladogramas além do trabalho com a sua interpretação.

Considerando-se a necessidade da interpretação de cladogramas na biologia atual, o fato de ser uma ferramenta importante para a compreensão de um tema complexo e central como é a evolução, e pela dificuldade generalizada de alunos e professores com o tema, consideramos de grande importância que seja dada maior atenção ao assunto. Além disso, dado o grande volume de literatura produzido na área nos últimos anos, dando base teórica para a construção de um PCK coletivo para o tema, acreditamos que este é um tema a ser considerado para se trabalhar o desenvolvimento do PCK, servindo, assim, de base para que os futuros professores construam o PCK para os diversos tópicos que irão trabalhar.

Referências

- AMORIM, D. S. Paradigmas pré-evolucionistas, espécies ancestrais e o ensino de Zoologia e Botânica. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. -, n. 36, p.125-150, jun. 2008.
- BAUM, D. A.; SMITH, S. D.; DONOVAN, S. S. S. Evolution: The Tree-Thinking Challenge. **Science**, v. 310, n. 5750, p. 979-980, Nov. 2005.
- BORKO, H. Professional Development and Teacher Learning: Mapping the Terrain. **Educational researcher**. [S.l.] v. 33, n. 8, p. 3-15 nov. 2004.
- BOYCE, C. J. **Investigating how students communicate tree-thinking**. 2015. 175 f. Tese (Doutorado em "Philosophy") - University of Southern Mississippi, Mississippi.
- BONI, V.; QUARESMA, S. J. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. **Em Tese**, v. 2, n. 1, p. 68-80, 2005.
- BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA. Portaria nº 62, de 1 de agosto de 2017. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 2 de agosto de 2017. Seção 1, p. 16.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Base Nacional Curricular Comum. Brasília. MEC 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/bncc-20dez-site.pdf>> Acesso em: 26/02/2019
- BROCKE, J. V.; ROSEMAN, M. **Metodologia de pesquisa** Editora AMGH, p.617, 2013
- CASTALDI, M. J. Z. D. **Autoformação de formadores de professores: uma construção na relação teórico-prática do "chão" da sala de aula**. São Paulo: SESI-SP editora, 2012. (Prata da Casa. Publique-se SESI) 304 p.
- CATLEY, K. M.; NOVICK, L. R; SHADE, C. K. Interpreting Evolutionary Diagrams: When Topology and Process Conflict. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 47, n. 7, p. 861-882, 2010

COSTA, L. O. **A classificação biológica nas salas de aula: modelo para um jogo didático**. 2012. 106 f. Dissertação (Mestrado profissional em “Ensino em biociências e saúde”) - Curso de Pós-graduação em Ensino em Biociências e Saúde, Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2012.

COSWOSK, J. A. **A sistemática filogenética como ferramenta de ensino dos conceitos evolutivos**. 2014. 154 f. TCC (Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas) - Centro Universitário Norte do Espírito Santo, São Mateus, ES, 2014.

COUTINHO, C. **Ensinando evolução através de filogenias: concepções dos professores e contribuição dos livros didáticos**. Dissertação de mestrado. Santa Maria Universidade federal de Santa Maria. 2013

CROMLEY, J. G. et al. Improving students' diagram comprehension with classroom instruction. **The Journal of Experimental Education**, v. 81, n. 4, p. 511-537, 2013.

DEES, J. et al. Student Interpretations of Phylogenetic Trees in an Introductory Biology Course. **CBE Life science Education**, v. 13, n.4, p. 666-676, 2014.

DONAVEN, M., Using manipulative trees to develop tree-thinking. 2013. **Honors Theses**. The University of Southern Mississippi. 159 p. 2013.

EDDY, S. L. et al. How should we teach tree-thinking? An experimental test of two hypotheses. **Evolution: Education and outreach**, v. 6, n. 13, p.1-11, 2013.

FERNANDEZ, C. PCK-Conhecimento Pedagógico do Conteúdo: perspectivas e possibilidades para a formação de professores. **Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências**, v. 8, p. 1-12, 2011.

FERREIRA, F. S. et al. A zoologia e a botânica do ensino médio sob uma perspectiva evolutiva: uma alternativa de ensino para o estudo da biodiversidade. **Caderno de Cultura e Ciência**, Crato, v. 2, n. 1, p.58-66, abr. 2008.

GARCIA, C. M. O professor iniciante, a prática pedagógica e o sentido da experiência. **Formação Docente**. Belo Horizonte. v. 2, n. 3, p. 11-49, ago/dez. 2010.

GREGORY, T. R. Understanding Evolutionary Trees. **Evolution Education and outreach**. [S.l.] v.1, p. 121-137, 2008.

GUIMARÃES, M. A.; CARVALHO, WLP. Usando cladogramas no ensino de evolução: O papel das representações sociais dos estudantes. **Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**. Florianópolis-SC: ABRAPEC, 2007.

HALVERSON, K. L. Using pipe cleaners to bring the tree of life to life. **American Biology Teacher**, v. 74, n. 4, p. 223-224, Apr. 2010.

HALVERSON, K. L. Improving Tree-Thinking One Learnable Skill at a Time. **Evolution: Education and outreach**, v. 4 n. 1, p. 95-106. 2011.

KUMALA, Marcus. A natural history of you. **Evolution: Education and Outreach**, v. 3, n. 4, p. 532, 2010.

KUMMER, T. A., Assessing and Improving Student Understanding of Tree-Thinking. All Theses and Dissertations. 6276. 2017 Disponível em:
<<https://scholarsarchive.byu.edu/etd/6276>>

KUMMER, T. A.; WHIPPLE, C. J.; JENSEN, J. L. Prevalence and persistence of misconceptions in tree thinking. **Journal of microbiology & biology education**, v. 17, n. 3, p. 389, 2016.

LOPES, W. R.; DE M. FERREIRO, M. J.; STEVAUX, M. N.. Proposta Pedagógicas para o Ensino Médio: filogenia de animais. **Revista Polyphonía**, v. 18, n. 2, p. 263, 2008.

LOPES, W. R.; VASCONCELOS, S. D. Representação e distorções conceituais do conteúdo “filogenia” em livros didáticos do ensino médio. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p.149-165, dez. 2012.

LOPES, W. R.; VASCONCELOS, S. D. Sistemática Filogenética no ensino médio: uma reflexão a partir das concepções de alunos e professores da rede pública de Pernambuco, Brasil. **Revista de Educación en Biología**, [S.I.], v.17, n.1, p.38-54, jan. 2014.

LOUGHRAN, J.; MULHALL, P.; BERRY, A. In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. **Journal of research in science teaching**, v. 41, n. 4, p. 370-391, 2004.

MCLENNAN, D. A. How to read a phylogenetic tree. **Evolution: Education and Outreach**, v. 3, n. 4, p. 506, 2010.

MEIR E, et al. College students' misconceptions about evolutionary trees. **American Biology Teacher**, v. 69, n. 7, p.71–76, Sept. 2007.

NOVICK, L. R.; CATLEY, K. M. Understanding phylogenies in biology: The influence of a Gestalt perceptual principle. **Journal of Experimental Psychology: Applied**, v. 13, n. 4, p. 197, 2007.

NOVICK, L. R.; CATLEY, K. M. Reasoning about evolution's grand patterns: College students' understanding of the tree of life. **American Educational Research Journal**, v. 50, n. 1, p. 138-177, 2013.

NOVICK, L. R.; CATLEY, K. M. Teaching tree thinking in an upper level organismal biology course: testing the effectiveness of a multifaceted curriculum, **Journal of Biological Education**, v. 52, n. 1, p 66-78, 2018.

NOVICK, L. R.; CATLEY, K. M.; FUNK, D. J. Characters Are Key: The Effect of Synapomorphies on Cladogram Comprehension. **Evolution: Education and Outreach** [S.I.], v.3, n.4, p. 539-547. 2010.

NOVICK, L. R.; CATLEY, K. M.; SCHREIBER, E. G. **Understanding evolutionary history: An introduction to tree thinking**. 21 p. 2012. Disponível em: <https://qubeshub.org/collections/post/891/download/Tree-thinking_booklet_8-12.pdf> Acesso em: 12 Jul. 2018

NOVICK, L. R.; SHADE, C. K.; CATLEY, K. M. Linear Versus Branching Depictions of Evolutionary History: Implications for Diagram Design. **Topics in Cognitive Science**. [S.I.] v. 3, p. 536-559, 2011.

NOVICK, L. R.; STULL, A. T.; CATLEY, K. M. Reading Phylogenetic Trees: The Effects of Tree Orientation and Text Processing on Comprehension. **BioScience**. [S.I.] v. 62, n. 8, p. 757-764, 2012.

O'HARA, R. J. Population thinking and tree thinking in systematics. **Zoologica Scripta**, [S.I.] v. 26, n. 4, p.323-329, out. 1997.

OMLAND, K. E.; COOK, L. G.; CRISP, M. D. Tree thinking for all biology: the problem with reading phylogenies as ladders of progress. **BioEssays** v.30 n.9 p. 854-867. sep. 2008.

RIGATO, E.; MINELLI, A. The great chain of being is still here. **Evolution: Education and Outreach**, [S.I.], v. 6, n. 18, p.18-23, Dec. 2013.

ROLLNICK, M. ; MAHUNGA, E. Pedagogical Content Knowledge. In: Taber, K.; Akpan, B. **Science Education: An International Course Companion**. Netherlands: Sense publishers, 2017. p.507-522

SADLER, P.M. et al. The influence of teachers' knowledge on student learning in middle school physical science classrooms. **American Educational Research Journal**, v. 50, n. 5, p. 1020-1049, 2013.

SANTOS, C. M. D.; CALOR, A. R.. Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética. **Ciência & Ensino**, São Paulo, v. 1, n. 2, p.1-8, jun. 2007a.

SANTOS, C. M. D.; CALOR, A. R.. Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética II. **Ciência & Ensino**, São Paulo, v. 2, n. 1, p.1-8, dez. 2007b.

SANTOS, C. M. D.; KLASSA, B. Despersonalizando o ensino de evolução: ênfase nos conceitos através da sistemática filogenética. **Educação: teoria e prática**, v. 22, n. 40, p. 62-80, 2012.

SHULMAN, L. S. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. **Educational Researcher**, v.15, n.2, p.4-14, Feb. 1986.

STAUB, N. L., PAUW, P. G., & PAUW, D. Seeing the forest through the trees: Helping students appreciate life's diversity by building the Tree of Life. **The American Biology Teacher**, v. 68, n.3, p. 149-151, mar. 2006.

SOUZA, L. H. P.; GOUVÊA, G.. Oficinas pedagógicas e a formação continuada do professor de ciências. **Ciência & Educação**, v. 12, n. 3, p. 303-313, 2006.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2002.

ZIADIE, M. A.; ANDREWS, T. C. Moving evolution education forward: a systematic analysis of literature to identify gaps in collective knowledge for teaching. **CBE—Life Sciences Education**, v. 17, n. 1, p. 1 - 10. mar. 2018.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr. (a) está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa **“Pensamento filogenético na educação básica; a importância da formação inicial e continuada de professores”** do Programa de Pós-graduação em Ensino na Educação Básica - CEUNES/UFES. Dadas as dificuldades apontadas na interpretação dos cladogramas, uma ferramenta básica da filogenia, por alunos e profissionais em todos os níveis de ensino, dada a grande importância do assunto no ensino de biologia evolutivamente contextualizado, e ainda a importância da formação inicial dos futuros professores da área das ciências biológicas, propomos aqui uma oficina de filogenia com um enfoque diferenciado, trazendo, além da revisão de conceitos básicos no assunto, foco nas dificuldades dos alunos e propostas de atividades. Desta forma, nesta pesquisa pretendemos contribuir para a inserção da sistemática filogenética no ensino de ciências na educação básica.

Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: Será ofertada uma oficina com o tema “Ensino de filogenia na educação básica”. Os participantes serão convidados a completar um teste antes e outro similar após a oficina. Os participantes que tiverem disponibilidade serão convidados ainda a participar de uma roda de conversa sobre o assunto cerca de duas semanas após a conclusão da oficina. Não haverá gravação de áudio e vídeo dos participantes durante a oficina. As imagens obtidas no decorrer do curso, caso venham a ser utilizadas, serão distorcidas para preservar a identidade dos participantes. Os participantes da roda de conversa terão as falas gravadas para posterior transcrição por parte da pesquisadora.

Para participar deste estudo o Sr (a) não terá nenhum custo nem receberá qualquer vantagem financeira. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que o Sr. (a) é atendido (a). O pesquisador tratará a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. O (A) Sr (a) não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, no **Centro Universitário Norte do Espírito Santo** e a outra será fornecida ao Sr. (a). Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos, e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, portador do documento de Identidade _____ fui informado (a) dos objetivos da pesquisa **“Pensamento filogenético na educação básica; a importância da formação inicial e continuada de professores”**, de maneira clara e detalhada, e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar. Declaro que concordo em participar e que recebi uma via original deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

São Mateus, _____ de novembro de 2017.

Assinatura do Participante

Assinatura do (a) Pesquisador (a)

Nome do Pesquisador Responsável: Marcela Miranda de Lima
Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ensino na Educação Básica - CEUNES/UFES
Fone: (27) 99759-5881
E-mail: limamm@gmail.com

APÊNDICE B - Sugestões de atividades para o ensino de filogenia

Atividades de construção de cladogramas

1. Montagem de um cladograma tridimensional - kit “árvore da vida”

Material didático acessível e fácil de preparar para se trabalhar concretamente os conceitos de rotação de eixos e clados. Pode ser trabalhado de forma demonstrativa, ou idealmente agrupando os alunos e fornecendo um kit para cada grupo.

2. Construção orientada de um cladograma - vertebrados

Atividade traduzida e adaptada do artigo How should we teach tree-thinking? An experimental test of two hypotheses (Eddy, 2013). Construção orientada de um cladograma com resultados positivos relatados pelo autor.

3. Árvore da vida: edição vegetariana

Traduzida e modificada da atividade “training trees” do site:

<http://www.pbs.org/wgbh/nova/labs/lab/evolution/research#/evo/buildatree/1>

Construção de um cladograma com espécies vegetais; há menos exemplos de filogenia de plantas, e há relatos de alunos que acreditam que apenas os animais evoluem!!

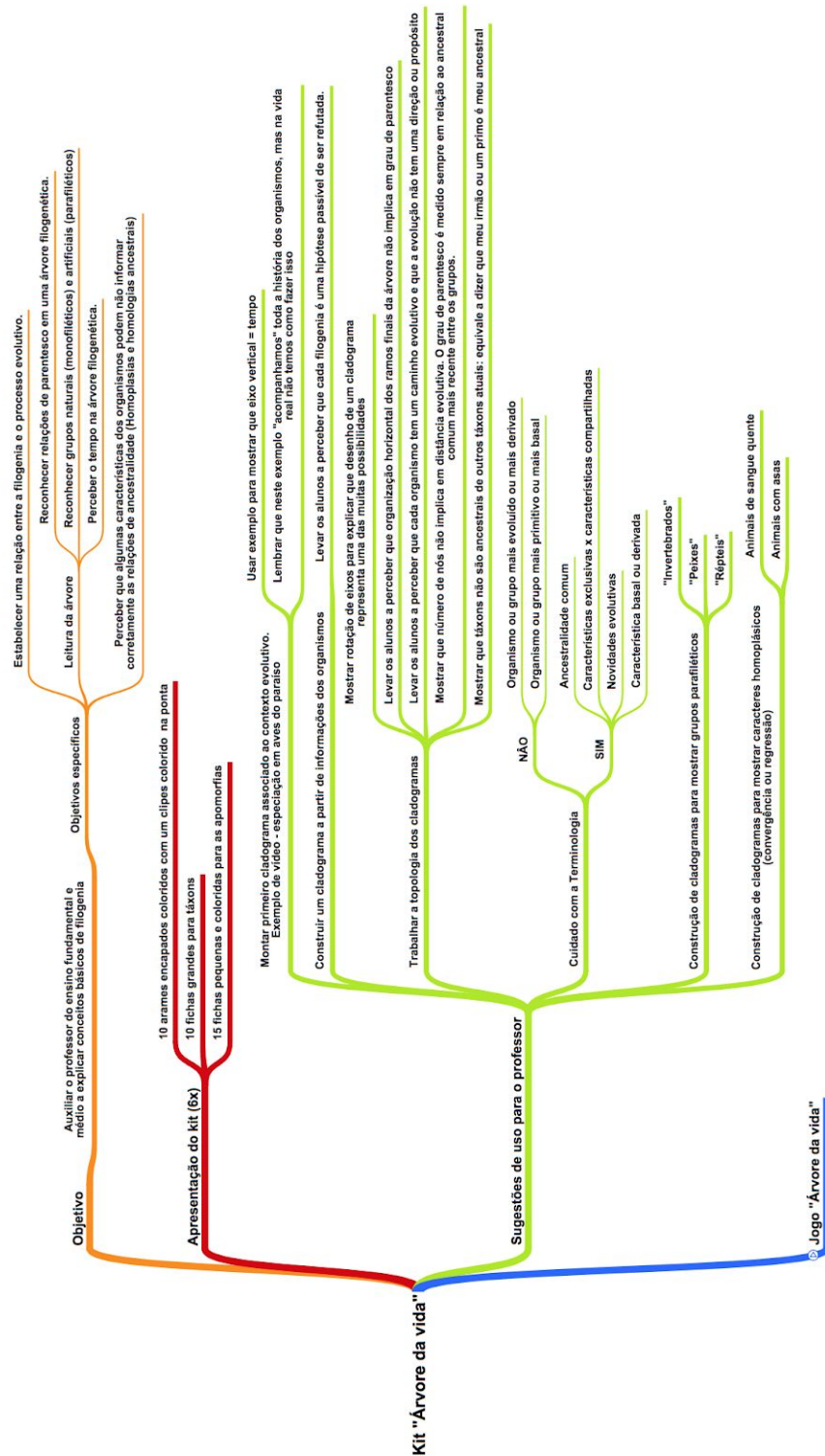
4. Eu comi um DINOSSAURO???

Traduzida e modificada da atividade “Fossils: Rocking the earth” do site:

<http://www.pbs.org/wgbh/nova/labs/lab/evolution/research#/evo/buildatree/2>

Construção de um cladograma que engloba aves e dinossauros - facilitar a compreensão dos alunos de compartilhamento de caracteres entre estes grupos de forma a facilitar a compreensão de réptil como um grupo parafilético.

1. Material didático - Kit “Árvore da vida”



Atividade - Construção orientada de um cladograma

Atividade traduzida e modificada de:

How should we teach tree-thinking? An experimental test of two hypotheses (Eddy et al., 2013)

A tabela a seguir resume os traços-chave encontrados em alguns grandes grupos de animais que possuem vértebras ou espinhas dorsais. Um "1" indica que a característica está presente; um "0" indica que está ausente. Suponha que cada uma das características seja homóloga nos grupos listados - por exemplo, que os membros de lagartos e mamíferos são derivados de membros encontrados em um antepassado comum.

	Ossos internos	Membros	Ovo amniótico	Pêlo, lactação	Escamas com queratina
Lagartos	1	1	1	0	1
Peixes de nadadeiras raiadas	1	0	0	0	0
Mamíferos	1	1	1	1	0
Cobras	1	0*	1	0	1
Anfíbios	1	1	0	0	0
Tubarões e raias	0	0	0	0	0

*Note que algumas cobras possuem membros posteriores vestigiais quando embriões ou mesmo adultos.

Utilize estes dados para estimar a filogenia do grupo. Abaixo está uma forma de começar.

1. Perceba que apenas os lagartos e as cobras têm escamas com queratina - o que significa que elas deveriam ser encontradas lado a lado na árvore, unidos por um antepassado em comum que tinha escamas com queratina. Utilizando o seu material prático, comece sua árvore conectando duas hastes, uma para lagartos e uma para cobras. Adicione uma etiqueta plastificada ao ramo onde de encontra o ancestral comum destes animais e escreva "escamas" para indicar onde o traço evoluiu.

2. Observe a coluna "Pêlo e lactação"; esta característica aparece apenas em um grupo, o dos mamíferos. Sendo esta característica exclusiva do grupo, ela não nos ajuda a saber quem compartilha um ancestral com este grupo. Uma característica exclusiva de um dado grupo é denominada apomorfia e não auxilia na construção de um cladograma.

3. Agora olhe para a coluna "ovo amniótico". Perceba que apenas lagartos, mamíferos e cobras possuem este traço - os outros grupos não possuem tal caráter. Assim, o ovo amniótico é uma sinapomorfia (característica derivada compartilhada) que define os lagartos, cobras e mamíferos como um grupo monofilético (ou grupo natural - aquele formado por um ancestral e TODOS os seus descendentes). Utilize esta informação para adicionar os mamíferos à sua árvore. Adicione uma etiqueta com a característica para indicar onde ela surgiu.

4. Examine a tabela novamente e encontre sinapomorfias que lhe permitam adicionar anfíbios e peixes com nadadeiras raiadas à sua árvore. Etiquete onde cada sinapomorfia evoluiu.

5. Quando tiverem colocado todos os cinco grupos, adicionem "Tubarões e raias" como grupo externo.

Agora, responda às questões abaixo.

1. Qual grupo é mais relacionado aos anfíbios: lagartos ou tubarões e raias (Isso equivale a perguntar qual dos dois grupos compartilha um ancestral comum mais recente com os anfíbios)? Explique o seu raciocínio.

2. Qual grupo está mais relacionado aos tubarões e raias: lagartos ou peixes com nadadeiras raiadas? (É o mesmo que perguntar qual dos dois grupos compartilha um antepassado comum mais recente com tubarões e raias.) Explique seu raciocínio.

3. De acordo com sua árvore, os mamíferos são mais evoluídos que os anfíbios? Explique por que ou por que não.
4. As cobras não têm membros. Elas realmente pertencem a um grupo monofilético com vertebrados que possuem membros? Explique por que ou por que não. (Se apropriado, adicione um rótulo à sua árvore).
5. Relativo ao antepassado comum de todos os vertebrados ósseos (ou seja, o antepassado comum de todos os grupos na árvore, exceto para tubarões e raias), qual dos grupos em sua árvore vem evoluindo por um maior período de tempo? Explique seu raciocínio.
6. Os tubarões e as raias não têm esqueletos ósseos - eles têm esqueletos cartilagosos. Uma das seguintes afirmações é correta? Explique por que ou por que não.
 - a) Os tubarões e as raias são um grupo basal (você também pode dizer "primitivo" ou "ancestral") em relação aos vertebrados
 - b) Os esqueletos cartilagosos são uma característica basal (você também pode dizer "primitivo" ou "ancestral") em relação aos esqueletos ósseos dos vertebrados.

Atividade - Árvore da vida: edição vegetariana

Traduzida e modificada da atividade “training trees” do site:





<http://www.pbs.org/wgbh/nova/labs/lab/evolution/research#/evo/buildatree/1>




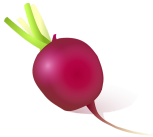
Um cladograma é uma representação gráfica (desenho) que se propõem a reconstruir a história evolutiva dos grupos nele apresentado. Vamos construir um cladograma e descobrir as relações entre alguns vegetais?

Observe a tabela abaixo. Para cada vegetal representado você encontra algumas características que lhe ajudarão a construir o seu cladograma. Recorte os desenhos no final da página e prenda cada um na ponta de um clips do seu kit “árvore da vida”. Preencha as fichas plastificadas com as características (sublinhado) abaixo e prenda-as na sua árvore.

A seguir responda à questão abaixo:

Uma banana é mais próxima evolutivamente falando de um limão ou de uma cebola?

Banana <ul style="list-style-type: none">• <u>Produz flores com pétalas em múltiplos de 3</u>• Realiza <u>fotossíntese</u>	
Limão <ul style="list-style-type: none">• Produz flores com <u>pétalas em múltiplos de 4 ou 5</u>• Realiza fotossíntese	
Cebola <ul style="list-style-type: none">• Produz flores com pétalas em múltiplos de 3• Realiza fotossíntese	
Rabanete <ul style="list-style-type: none">• Produz flores com pétalas em múltiplos de 4 ou 5• Realiza fotossíntese	
Alga marinha <ul style="list-style-type: none">• Se reproduz lançando <u>esporos na água</u>• Realiza fotossíntese	

				
---	---	---	--	---

Atividade - Eu comi um DINOSSAURO???

Traduzida e modificada da atividade "Fossils: Rocking the earth" do site:






<http://www.pbs.org/wgbh/nova/labs/lab/evolution/research#/evo/buildatree/2>

Construindo e analisando um cladograma conseguimos analisar relações de parentesco entre grupos distintos de animais, com base no princípio de descendência com modificação ou seja, cada grupo possui as características herdadas de seus ancestrais com alguma modificação.

Observe a tabela abaixo. Para cada animal representado você encontra algumas características que lhe ajudarão a construir o seu cladograma. Escreva o nome de cada grupo em um papel e prenda cada um na ponta de um clipe do seu kit "árvore da vida". Preencha as fichas plastificadas com as características (sublinhado) abaixo e prenda-as na sua árvore.

A seguir responda às questões abaixo:

1. Você já comeu dinossauro? _____
2. Qual dinossauro é evolutivamente mais próximo do *Archaeopteryx*, o *Albertosaurus* ou o *Tyrannosaurus rex*?

Albertosaurus <ul style="list-style-type: none">• Tem mãos com dois dedos para agarrar a presa• Tem um "osso da sorte" como parte de sua estrutura esquelética	
Archaeopteryx <ul style="list-style-type: none">• Possui penas pelo corpo• Tem um "osso da sorte" como parte de sua estrutura esquelética	
Galinha <ul style="list-style-type: none">• Possui um bico sem dentes• Possui penas pelo corpo• Tem um "osso da sorte" como parte de sua estrutura esquelética	
Avestruz <ul style="list-style-type: none">• Possui um bico sem dentes• Possui penas pelo corpo• Tem um "osso da sorte" como parte de sua estrutura esquelética	
Tyrannosaurus rex <ul style="list-style-type: none">• Tem mãos com dois dedos para agarrar a presa• Tem um "osso da sorte" como parte de sua estrutura esquelética	

Atividades de interpretação de cladogramas

5. História natural do corpo humano

Atividade que traz para os estudos sobre o corpo humano (células, tecidos, órgãos, características embrionárias) uma visão evolutiva, ao invés de um organismo que foi construído pronto e acabado.

6. Jogo “árvore da vida”

Jogo de perguntas e respostas sobre filogenia com possibilidade de uso para todos os conteúdos que abordam a filogenia.

Preparo de perguntas baseadas nas dificuldades de aprendizagem e nos fatores que afetam a aprendizagem do tema.

7. Interpretando árvores filogenéticas

Atividade de interpretação de árvores filogenéticas traz questões que abordam:

- Leitura do tempo no cronograma
- Interpretação de relações de parentesco
- Realização de inferências
- Construção de cladogramas simplificados.

1. Atividade - História natural de você

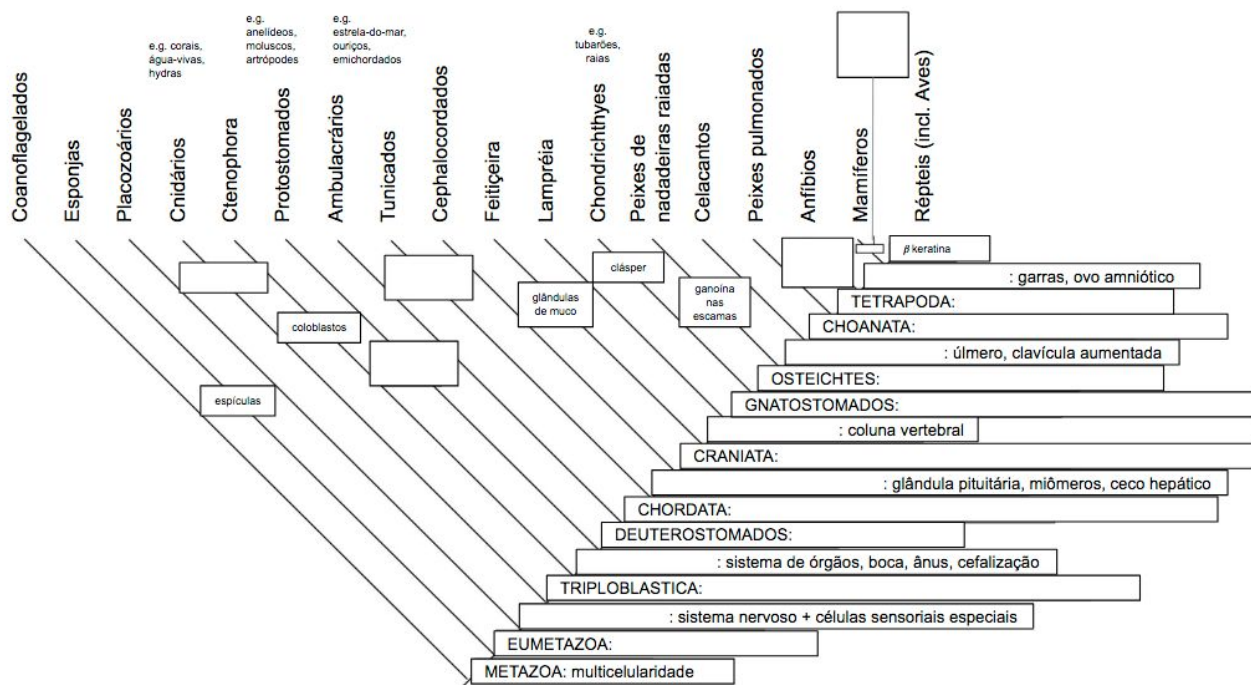
Atividade traduzida e modificada de: A natural history of you (Kumala, 2010)

Removido do contexto da história natural, é fácil pensar no corpo humano como uma maravilha independente da natureza. Entretanto, o corpo humano é, de fato, o produto de uma história maravilhosa de "descendência com modificação". Como resultado da ancestralidade comum, você compartilha semelhanças "especiais" com outros seres vivos e consequentemente, você é mais aparentado a alguns organismos do que a outros. Nós chamamos estas semelhanças compartilhadas de sinapomorfias, um tipo especial de homologia.

Prepare-se para uma viagem pelo tempo para descobrir as suas origens!!

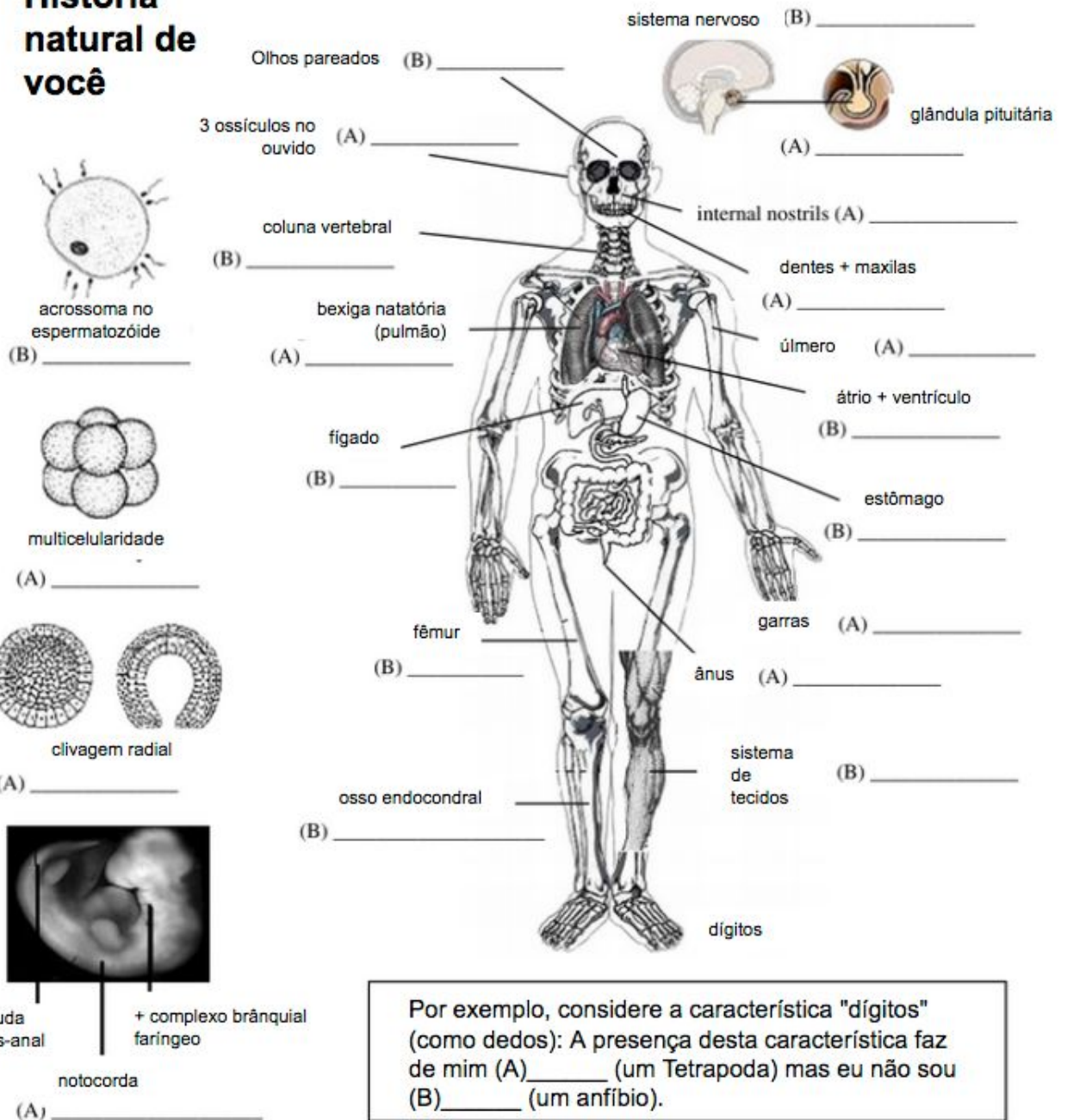
Tarefa:

1. Em grupos, caminhe pela árvore da vida dos animais (ou metazoa). Vocês podem começar por qualquer uma das estações.
2. Após completar o "mapa", examine o diagrama do corpo humano na próxima página. Sua tarefa agora é identificar os clados aos quais você pertence como resultado da ancestralidade compartilhada com outros grupos. Primeiro, localize no cladograma a origem da característica em destaque no diagrama.
 - a. Aonde você encontrar a letra "A", escreva na linha o nome do grupo ao qual pertencem TODOS os organismos que compartilham esta característica.
 - b. Aonde você encontrar a letra "B", identifique e escreva o nome do grupo vivo mais antigo que também compartilha desta característica, porém, ao qual você não pertença!!



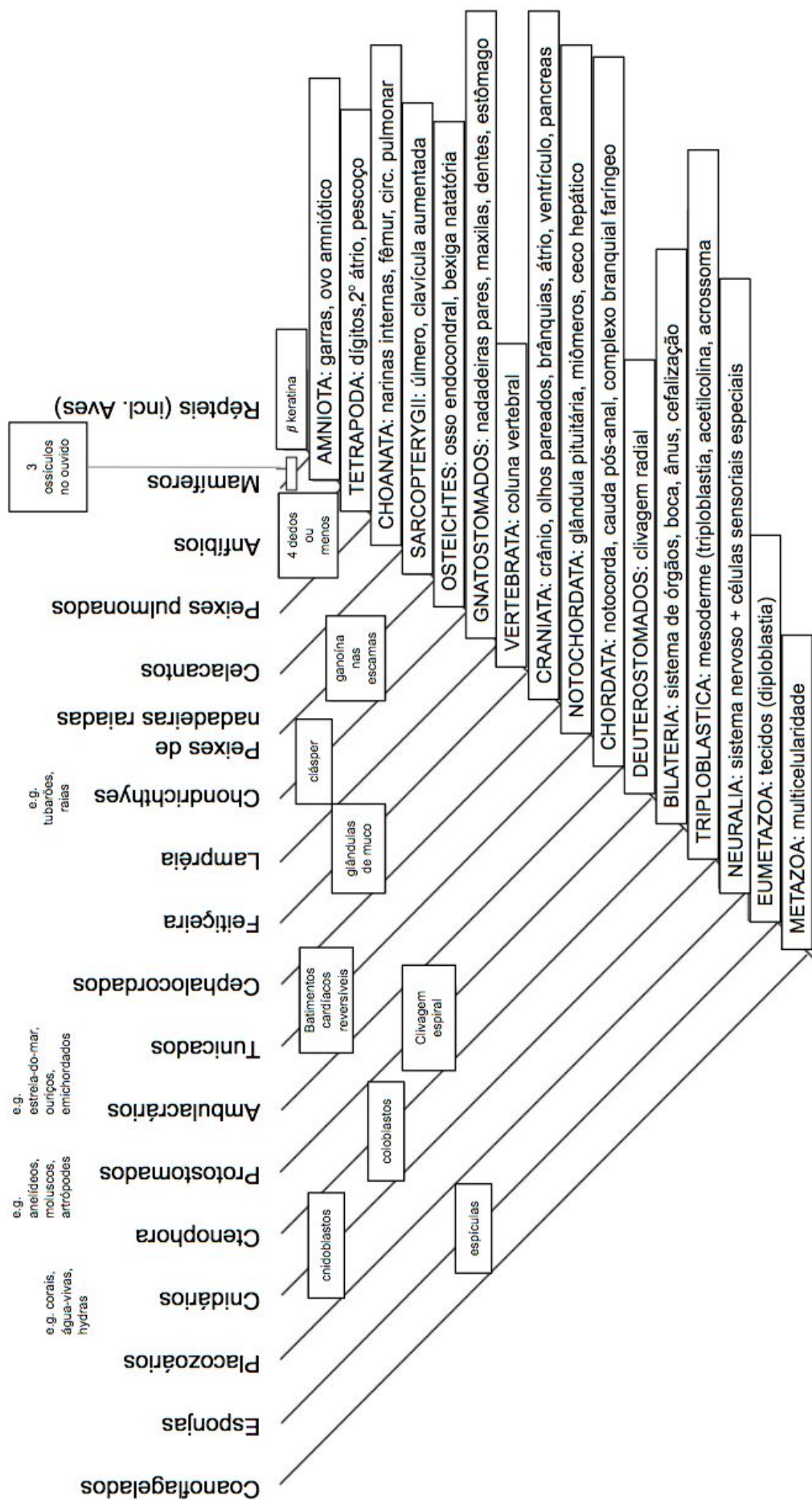
Traduzido de: Kumala, M. A natural history of you. Evo Edu Outreach. v.3 p.532-538, 2010.

História natural de você



Por exemplo, considere a característica "dígitos" (como dedos): A presença desta característica faz de mim (A) _____ (um Tetrapoda) mas eu não sou (B) _____ (um anfíbio).

Traduzido de : Kumala, M. A natural history of you. Evo Edu Outreach. v.3 p.532-538, 2010.



Traduzido de : Kumala, M. A natural history of you. Evo Edu Outreach. v.3 p.532-538, 2010.

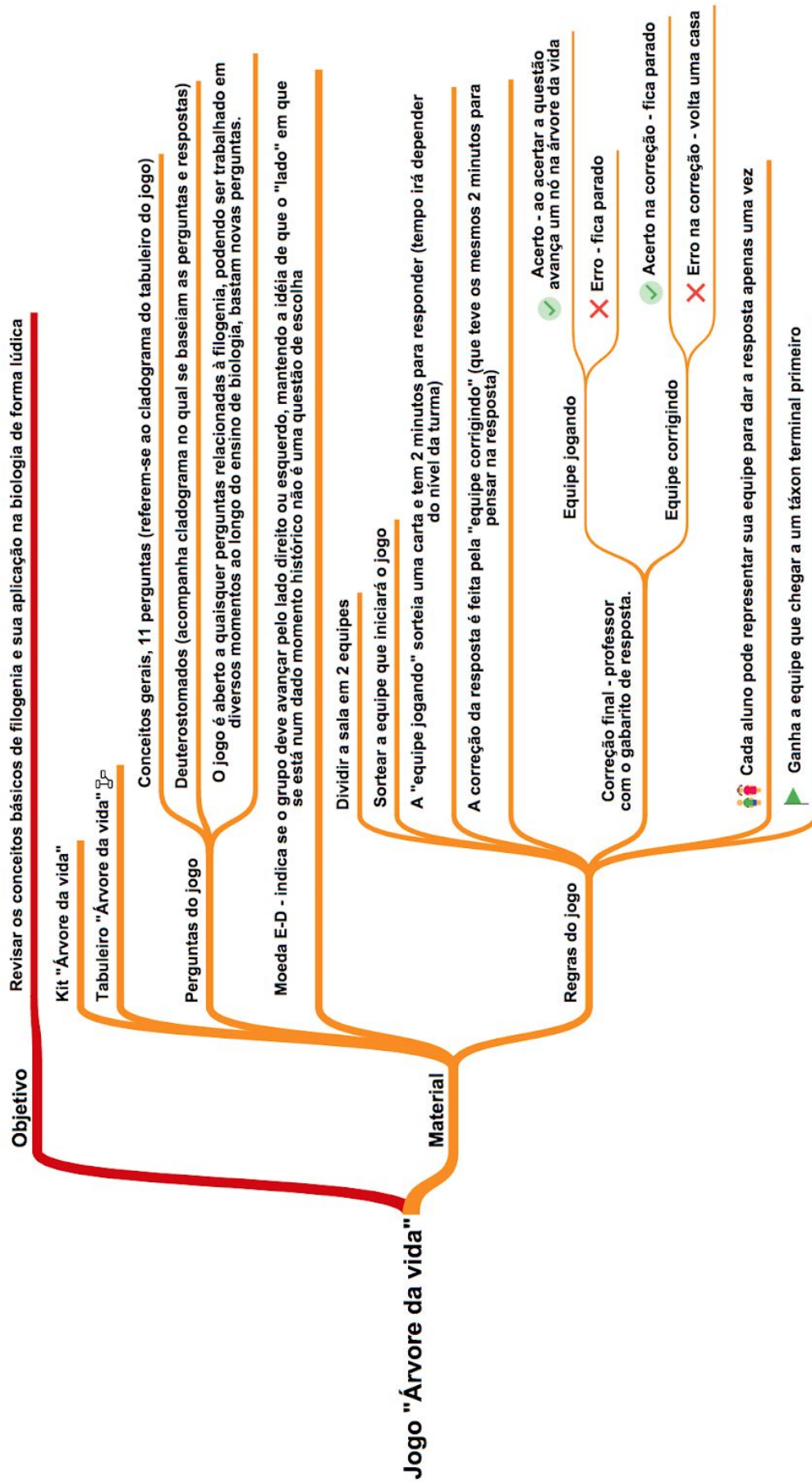
2. Atividade Jogo “árvore da vida”

O jogo consta de um “tabuleiro” vertical para ser pendurado à frente da classe, em local alto para que todos vejam. O tabuleiro é um cladograma impresso em banner de lona tamanho 90 cm largura x 70 cm altura. O cladograma do tabuleiro serve de base para as perguntas básicas do jogo, e a ideia é que o professor possa elaborar suas próprias perguntas à turma sobre conceitos gerais de filogenia abordados em sala. Uma opção mais barata é o reaproveitamento de banners usados, e fazer o desenho do cladograma no verso. Uma outra possibilidade é o uso da imagem projetada no quadro branco, assim a imagem fica maior e neste caso os peões seriam colados sobre o quadro com fita crepe.

Cada nó corresponde a uma casa do jogo e tem um pedaço de velcro (parte mais grossa) colado com cola multiuso. Os “peões” podem ser qualquer objeto com um pedaço de velcro (parte macia do velcro) também colado. Sugerimos o uso de 4 botões coloridos para se jogar com a turma dividida em 4 grupos.

Após a divisão das equipes, a professora apresenta uma questão, e cada equipe discute a resposta entre si. A equipe na vez de jogar responde e as demais devem dizer se a resposta está correta ou errada, levantando uma placa. A correção final é da professora que tem um gabarito de correção. Caso a equipe jogando acerte a resposta avança um nó no cladograma, caso contrário não anda. Para as equipes corrigindo de cada rodada, uma correção correta mantém o grupo na casa em que está e uma correção errada faz a equipe voltar uma casa. Se o grupo cair em um grupo fóssil (letras E ou J) volta para o início do cladograma. O lado a ser seguido pela equipe no cladograma após cada resposta correta é definido por uma “moeda” com as letras E para lado esquerdo e D para lado direito. As normas do jogo se encontram na forma de um cladograma de forma a facilitar a consulta.

A sugestão é que utilize um cladograma trabalhado pelo professor como base para as perguntas (presente no livro didático, impresso e entregue aos alunos ou desenhado no quadro antes de começar o jogo). As perguntas, sendo impressas em papel comum, são recortadas e sorteadas na hora pelo professor. Desta forma, pretende-se ter um jogo que se alinhe com a natureza ampla do estudo da evolução e filogenia, que deve perpassar, preferencialmente, todo o conteúdo de biologia. O tabuleiro é geral, e apresenta-se propostas de perguntas de forma a dar ideias para o professor elaborar outras para diferentes grupos sendo estudados.



3. Atividade interpretando árvores filogenéticas

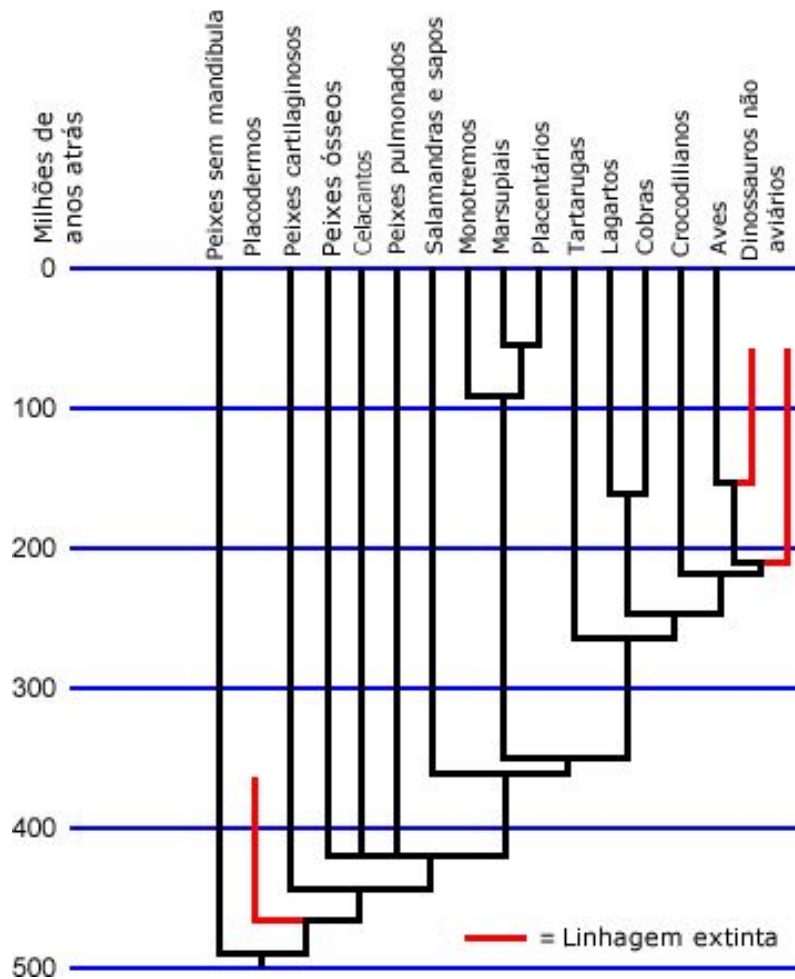


Imagem: <http://www.ib.usp.br/evosite/evo101/IIIEAddingtime.shtml>

1. Analise a árvore geral dos vertebrados. Quantos animais da árvore você conhece? Pesquise os que você não conhece na internet.
2. Segundo o cronograma acima, qual animal apresenta maior parentesco evolutivo com você, um ornitorrinco ou um gambá?
3. Segundo o cronograma acima, é possível dizer se os Placodermos conviveram com os peixes ósseos?
4. Suponha que foi descoberta uma doença extremamente letal que está matando todos os sapos na sua região. Em casa você possui um peixinho dourado e um periquito. Considerando as relações evolutivas apresentadas no cladograma acima, e considerando que você também é um animal, faça uma escala de risco que considere aves, mamíferos e peixes com relação a essa nova doença.
5. Desenhe um cladograma simplificado, que mostre as relações evolutivas entre os mamíferos, as lagartos e as aves.
6. As aves e os mamíferos foram por muito tempo apresentados juntos nos livros didáticos por ambos apresentarem sangue quente. Apresente um argumento de porquê esta apresentação deveria ou não ser mantida.

APÊNDICE C - Pré-teste

Pré-teste

https://docs.google.com/forms/d/1lfJZ3l3p_eclaTwxgk1Ga7CwN...

Pré-teste

Este teste inicial faz parte da coleta de dados para a minha Dissertação no Programa de Pós-graduação em Ensino na Educação básica (PPGEEB/CEUNES). Aqui meu objetivo é fazer uma leitura inicial da base conceitual em filogenia que vocês, mas além disso, eu gostaria de saber qual é a imagem que vocês fazem do assunto e como vocês enxergam, a princípio, a ideia de trabalhar a filogenia na educação básica. Para esse fim, o questionário está dividido em duas partes, a primeira que aborda como vocês se sentem com relação à filogenia e ao seu ensino na educação básica e a segunda, que aborda a base conceitual de vocês.

***Obrigatório**

1. **Endereço de e-mail ***

2. **Nome (para fins de comparação entre o pré e pós-teste) ***

3. **Tempo que falta para se formar (previsto) ***

4. **Você já atuou como professor? ***

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Sim, no ensino fundamental
- ☐ Sim, no ensino médio
- ☐ Não
- ☐ Sim, no PIBID

5. **Avalie a sua experiência enquanto aluno. Quando você teve seu primeiro contato com a filogenia (ensino médio, ensino superior)? Você achou o assunto fácil ou difícil? E hoje, considera que tem facilidade ou dificuldade em compreender a filogenia?**

Parte I

6. 1. Eu acho importante trabalhar os conceitos básicos de filogenia no ensino médio.*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente de acordo

7. 2. Eu me sinto preparado para trabalhar conceitos básicos de filogenia com alunos do ensino médio.*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente de acordo

8. 3. Eu acho difícil ensinar para um aluno do ensino médio como interpretar um cladograma.*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente de acordo

9. 4. Eu acho importante ensinar biologia no ensino médio apresentando aos alunos o contexto evolutivo que une os seres vivos.*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente de acordo

10. 5. Eu me sinto preparado para ensinar biologia no ensino médio apresentando aos alunos o contexto evolutivo que une os seres vivos.*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente de acordo

11. 6. A filogenia é um tema muito complexo para ser trabalhado com alunos no ensino médio, eu acredito que deveria ser ensinado só na graduação.*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente de acordo

12. **7. Eu tenho consciência da dificuldade dos alunos em compreender a filogenia, mas conheço os seus erros mais comuns e portanto estou preparado para ajudá-los a compreender o assunto.**

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente de acordo

13. **8. Cladogramas na diagonal são mais facilmente interpretados pelos estudantes que os cladogramas com linhas paralelas.**

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente de acordo

14. **9. As minhas crenças religiosas conflitam com o que a biologia evolutiva apresenta.**

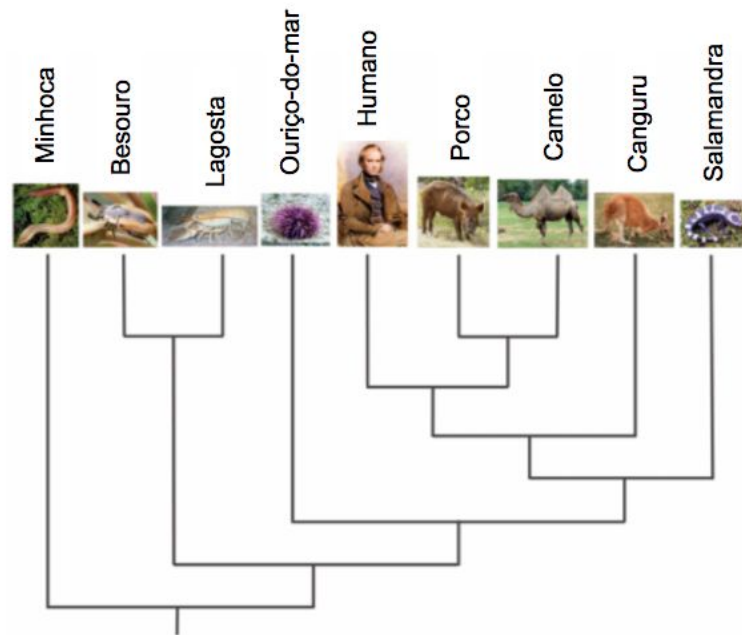
Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente de acordo

15. **10. Eu tive aulas na licenciatura que me prepararam especificamente para ensinar filogenia.**

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Totalmente de acordo



16. 1. O que você pode dizer sobre a evolução dos humanos baseado neste diagrama? (escolha UMA alternativa) *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Humanos evoluíram das minhocas.
- ☐ Humanos são igualmente relacionados a camelos e a cangurus.
- ☐ Humanos são os animais mais evoluídos (mais complexos).
- ☐ Humanos são mais proxivamente relacionados a porcos e camelos.
- ☐ Humanos evoluíram independentemente (separadamente) dos outros seres vivos.

17. 2. Qual táxon é o parente evolutivo mais próximo do ouriço-do-mar?

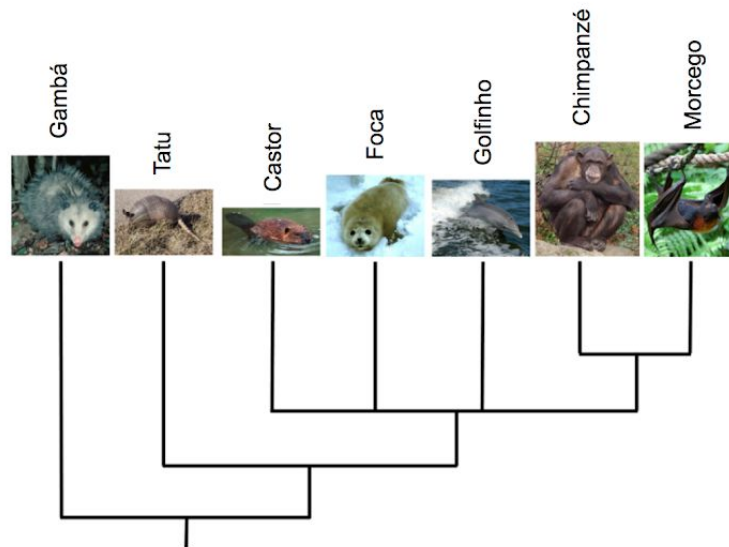
Marcar apenas uma oval.

- ☐ Lagosta
- ☐ Camelo

18. 2.1 Assinale a alternativa que melhor explica a sua resposta anterior.

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Estes táxons possuem mais características em comum entre si.
- ☐ Estes táxons estão visualmente mais próximos entre si.
- ☐ Estes táxons compartilham um ancestral comum.
- ☐ Estes táxons compartilham um ancestral comum mais recente.
- ☐ Nenhuma destas explicações se aproxima da razão pela qual eu escolhi a minha resposta.



19. 3. Alguns estudantes discordam sobre quais conjuntos de organismos formam grupos biologicamente válidos. Qual agrupamento feito pelos estudantes abaixo é melhor suportado por evidências evolutivas?

Marcar apenas uma oval.

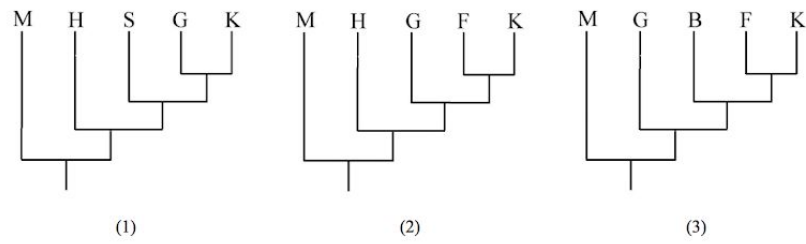
- ☐ Saulo: golfinho + chimpanzé
- ☐ Airon: castor + foca + golfinho + chimpanzé + morcego
- ☐ Joana: castor + foca + golfinho

20. 3.1 Assinale a alternativa que melhor explica a sua resposta anterior.

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Estes táxons possuem mais características em comum entre si.
- ☐ Estes táxons estão visualmente mais próximos entre si.
- ☐ Estes táxons compartilham um ancestral comum.
- ☐ Estes táxons estão conectados (ou provêm da mesma linha) no diagrama.
- ☐ Estes são todos os táxons que compartilham um ancestral comum mais recente
- ☐ Nenhuma destas explicações se aproxima da razão pela qual eu escolhi a minha resposta.

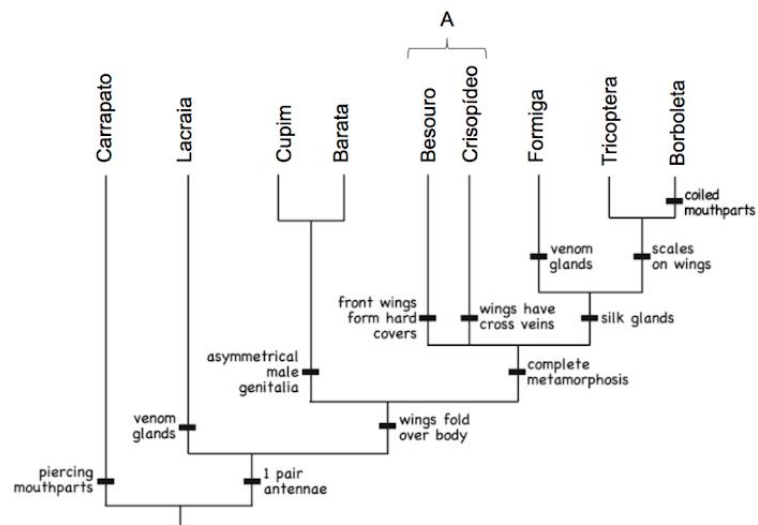
Biólogos estão particularmente interessados em determinar as relações evolutivas entre os táxons M, G e K. Três cientistas geraram hipóteses de relacionamento entre estes três táxons, representadas nos cladogramas abaixo. Note que cada cientista também inclui em sua análise outros clados, que diferem entre os cientistas.



21. 4. Qual(ais) cladograma(s) mostram que G é mais proximamente relacionado a K do que a M? Marque a afirmativa correta.

Marcar apenas uma oval.

- ☐ (1) apenas
- ☐ (1) e (2)
- ☐ (2) e (3)
- ☐ (1), (2) e (3)



22. 5. O táxon entre parênteses e denominado "A" constitui-se um grupo natural?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não

23. **5.1 Assinale a alternativa que melhor explica a sua resposta anterior.**

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Estes táxons possuem mais características em comum entre si.
- ☐ Estes táxons compartilham um ancestral comum.
- ☐ Estes táxons estão conectados (ou provêm da mesma linha) no diagrama.
- ☐ Este é um exemplo de evolução convergente (independente).
- ☐ Nem todos os descendente do ancestral comum mais recente estão incluídos.
- ☐ Estes táxons compartilhem um ancestral comum mais recente.
- ☐ Estes são todos os táxons que compartilham um ancestral comum mais recente
- ☐ Nenhuma destas explicações se aproxima da razão pela qual eu escolhi a minha resposta.

24. **5.2 Caso tenha marcado a opção NÃO acima, escreva o nome dos táxons presentes no menor agrupamento natural que compreenda besouros e crisopídeos.**

25. **6. Dado que cupins digerem celulose, qual outro táxon é o mais provável de também possuir tal característica?**

26. **7. Formigas e lacraias possuem glândulas de veneno. Qual é a melhor explicação para a presença desta característica compartilhada entre os dois grupos? Assinale a alternativa que melhor explica a sua resposta anterior.**

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Estes táxons possuem mais características em comum entre si.
- ☐ Estes táxons compartilham um ancestral comum.
- ☐ Estes táxons estão conectados (ou provêm da mesma linha) no diagrama.
- ☐ Este é um exemplo de evolução convergente (independente).
- ☐ Nem todos os descendente do ancestral comum mais recente estão incluídos.
- ☐ Estes táxons compartilhem um ancestral comum mais recente.
- ☐ Estes são todos os táxons que compartilham um ancestral comum mais recente
- ☐ Nenhuma destas explicações se aproxima da razão pela qual eu escolhi a minha resposta.

27. **8. De acordo com o cladograma acima, quais organismos possuem glândula de seda (silk gland)?**

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Carrapatos
- ☐ Lacaia
- ☐ Cupim
- ☐ Barata
- ☐ Besouro
- ☐ Crisopídeo
- ☐ Formiga
- ☐ Tricoptera
- ☐ Borboleta

Powered by
 Google Forms

APÊNDICE D - ROTEIRO DA ENTREVISTA COLETIVA

- 1) O que te levou a se inscrever para a realização da oficina de ensino de filogenia?

O aluno consegue perceber sua própria dificuldade conceitual? O aluno quer ideias de como trabalhar o tema? O que o aluno sente que falta para subsidiar a sua prática docente com relação ao ensino de filogenia?

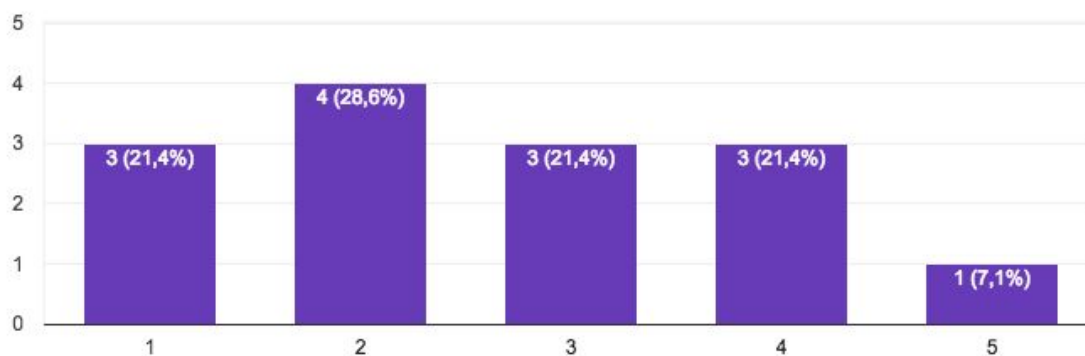
- 2) Você encontrou na oficina o que esperava?

A oficina atendeu às expectativas dos alunos? Esperavam algo que não foi abordado?

- 3) Alguns de vocês concordaram com a afirmação no pré-teste de que tiveram aulas na licenciatura que os prepararam para dar aulas de filogenia (4, 5), outros discordaram (1,2). Que tipo de aula vocês tiveram que os preparou para trabalhar o assunto?

10. Eu tive aulas na licenciatura que me prepararam especificamente para ensinar filogenia.

14 respostas



O que os alunos consideram que os prepara para trabalhar um dado conteúdo? Conceitos? Metodologias? Práticas? Alunos de períodos diferentes tiveram aulas diferentes e por isso o resultado tão variado?

- 4) De que forma a oficina modificou a sua segurança para a abordagem do tema Filogenia na educação básica?

A oficina foi capaz de contemplar as dificuldades dos alunos e aumentou a sua segurança?

- 5) No geral, houve uma correlação positiva entre as notas de vocês nos testes e o quanto vocês se consideraram preparados para ensinar filogenia. Para aqueles que se sentem preparados, qual foi o aspecto mais importante abordado na oficina para essa sensação: base conceitual x sugestões de atividades.

Os alunos conseguem perceber a importância da base conceitual para abordar o assunto ou se prendem à necessidade de ferramentas para o ensino? Essa pergunta e a próxima são importantes para saber se a correlação positiva entre a nota nos testes a segurança para ensinar (se considerar preparado para ensinar) estão mais relacionados à teoria trazida aos alunos ou às ideias de atividades e recursos para serem usados em sala.

- 6) O que vocês acham da afirmação a seguir?

“Se o educador não apresenta esses conhecimentos agregados a sua estrutura cognitiva, tampouco será capaz de promover aprendizagem significativa em seus alunos. O professor que desconhece a sistemática filogenética e não sabe interpretar as informações contidas em um cladograma pode encontrar dois obstáculos: (a) não compreender o que é Filogenia e, portanto, não trabalhar o assunto com o aluno, omitindo-o; ou (b) interpretar erroneamente uma Filogenia e, conseqüentemente, trabalhar o assunto de forma equivocada com o aluno, podendo recair em erros conceituais.”

Concordam? Discordam?

Não se sentindo seguros, qual vocês acham que seria a atitude de vocês (a) ou (b)?

Os alunos percebem o quanto a sua dificuldade com a filogenia pode afetar negativamente o ensino de biologia, no caso de conceitos errados serem passados e trazerem uma concepção errônea de todo o processo evolutivo?

- 7) Pra vocês, qual é a importância do ensino dos conceitos básicos da filogenia para o ensino da biologia no ensino médio? A melhoria na compreensão da filogenia trazida pelo curso foi capaz de mudar a sua percepção da importância da filogenia no ensino de biologia?

A oficina não abordou de forma direta em que momentos a filogenia aparece e de que forma pode ser utilizada no ensino da Biologia, entretanto esperava-se que os alunos fossem capazes de perceber esse aspecto ao analisar os livros didáticos ou ao serem apresentados às atividades sugeridas, com base também em sua própria formação acadêmica. Essa apropriação da importância do ensino da filogenia para uma abordagem evolutiva do ensino de biologia acontece ou precisa ser mais trabalhada??

- 8) Qual seria a ordem de importância dos temas abordados na oficina no planejamento de uma nova oficina para os seus colegas, ou como sugerido, para professores atuando na área?
- Revisão conceitual
 - Como ler e como não ler um cladograma (Erros mais comuns)
 - Fatores relacionados à aprendizagem dos cladogramas
 - Análise dos livros didáticos
 - Sugestões de atividades

Subsídio para o preparo de uma oficina com menor carga horária; esta questão foi colocada na forma de uma atividade. Os alunos receberam um papel com os temas trabalhados na oficina para serem numeradas em ordem de importância.

Ranking	Tema abordado na oficina
	Revisão conceitual
	Como ler e como não ler um cladograma (Erros mais comuns)
	Fatores relacionados à aprendizagem dos cladogramas
	Análise dos livros didáticos
	Sugestões de atividades

PARTE III

7. Conclusão geral

Os cladogramas, enquanto símbolos, necessitam de adequada mediação para serem compreendidos e usados como ferramentas. Para mediar este conhecimento, entretanto, os professores precisam estar preparados, tendo domínio do conteúdo e também do PCK para a área. O fortalecimento da base conceitual em filogenia de alunos de licenciatura em Ciências Biológicas é de grande importância pois sem essa base não é possível, para o futuro professor, uma adequada mediação para a correta interpretação de um cladograma.

Nesta perspectiva, os materiais didáticos e a oficina desenvolvidos no presente trabalho atenderam ao objetivo proposto, de contribuir para a inserção da sistemática filogenética na formação inicial de licenciandos em Ciências Biológicas.

Uma das indagações iniciais do trabalho foi como poderíamos usar o vasto conhecimento existente na área a respeito das dificuldades dos alunos na interpretação de filogenias de forma a melhorar o ensino do tema. Logo no princípio do trabalho, este conhecimento permitiu desenvolver materiais didáticos focados em auxiliar os alunos com estas dificuldades, especialmente a ideia da rotação dos eixos no cladograma. Além disso, a utilização do conhecimento pedagógico de conteúdo (PCK) possibilitou uma melhor compreensão da importância do conhecimento destas dificuldades para o professor em formação. Na oficina desenvolvida, a discussão destas dificuldades e a apresentação de formas de trabalhar as mesmas auxiliou os alunos em dois aspectos: 1) permitiu a eles a compreensão das suas próprias dificuldades e reformulação dos seus conhecimentos e 2) lhes deu mais segurança para trabalhar o conteúdo em sala. Assim, ressaltamos a importância de trazer os estudos sobre as dificuldades dos alunos para auxiliarem na construção do PCK dos alunos ainda durante a sua formação. Por ser um assunto com grande quantidade de pesquisas relacionadas ao PCK, e por sua centralidade no ensino da biologia, este tema pode ser trabalhado a título de exemplo na construção do PCK.

Outra questão levantada inicialmente foi se a assimilação dos conceitos básicos da sistemática filogenética é suficiente para que os licenciandos compreendam a sua importância no ensino de ciências. Encontramos que, enquanto alguns alunos conseguiram captar essa importância, da filogenia com elemento unificador no ensino da biologia, outros não tiveram essa percepção. Considerando que esse aspecto não foi trabalhado explicitamente na oficina, sugerimos que isso seja feito, de forma a ajudar os alunos a perceberem essa importância. Essa percepção é importante pois o professor que não compreende a amplitude de alcance da filogenia vai tratar o assunto apenas pontualmente e superficialmente, e possivelmente perder a oportunidade de mostrar aos seus alunos a conexão entre os diferentes assuntos dentro da biologia através da evolução.

Outra motivação do trabalho foi se uma oficina de ensino de sistemática filogenética poderia melhorar a compreensão que os alunos têm do assunto e influenciar a sua predisposição em abordar o assunto enquanto futuros professores da educação básica. A esta pergunta encontramos que sim, a oficina melhorou a compreensão geral dos alunos em filogenia, o que pode ser percebido não só pelas avaliações dos alunos nos testes, mas por seus comentários e suas reações ao compreenderem os cladogramas e conseguirem extrair as informações neles presentes com segurança. Além disso, a oficina influenciou a predisposição destes futuros professores em abordar o tema, sendo que ao final da oficina quase todos eles disseram se sentir preparados ou parcialmente preparados para trabalhar o assunto com alunos de ensino médio.

Por fim, o último questionamento apontado para o desenvolvimento do trabalho foi sobre como podemos contribuir para que os alunos da licenciatura em Ciências Biológicas compreendam melhor a sistemática filogenética e a sua importância para o ensino de ciências na educação básica. Usando os elementos levantados através dos questionamentos anteriores, e as respostas encontradas para os mesmos, podemos dizer que o uso de material tridimensional e a abordagem dos erros mais comuns dos estudantes, além da explicitação da importância do tema nas aulas e a apresentação dos cladogramas enquanto ferramentas são pontos importantes a serem considerados no ensino da sistemática filogenética para alunos licenciandos

em Ciências Biológicas, que irão futuramente abordar o assunto na educação básica.

Os materiais didáticos produzidos e a oficina desenvolvida foram aplicadas a alunos durante sua formação inicial, mas consideramos que a oficina seja uma estratégia idealmente voltada para professores em processo de formação continuada. No caso dos alunos da graduação, esses conhecimentos precisam ser trabalhados ao longo do curso, e não de forma pontual no começo ou final do mesmo. Os materiais didáticos, por sua vez, podem ser usados na educação básica e no ensino superior, a fim de facilitar a compreensão do assunto nesses níveis de ensino.